ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Karpinsky**, président de l'Académie des Sciences de Leningrad, à M. **Lewinson-Lessing**, membre de la même Académie, à M. **Piot Bey**, membre de l'Institut d'Égypte, qui assistent à la séance.

M. **A. Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre : *L'Eucrite de Béréba (Haute-Volta) et les météorites feldspathiques en général.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Loi de distribution des orages magnétiques terrestres, et loi correspondante de répartition des régions actives du Soleil.* Note de M. **H. Deslandres**.

Dans une Note du 31 mai dernier (1), j'ai annoncé une loi simple de distribution dans le temps des orages magnétiques terrestres; et comme ces orages sont dus à un rayonnement corpusculaire émané du Soleil, il en résulte aussi une loi simple de distribution dans le Soleil des régions qui émettent un fort rayonnement corpusculaire.

Tout se passe comme si le Soleil offrait sous la surface trois couches successives qui rejettent au dehors leurs particules électrisées, avec une intensité d'autant plus grande qu'elles sont plus profondes. Les points d'émission ont paru d'abord irréguliers, parce qu'ils sont, ainsi que nos

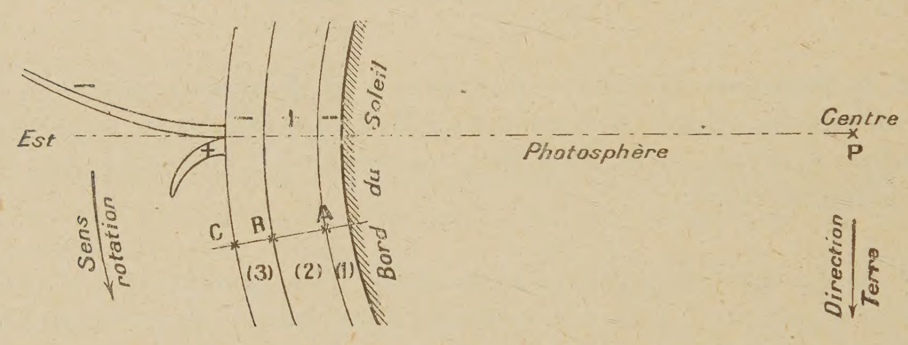
---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1301.

volcans, tantôt actifs, tantôt inactifs; mais, quand on y regarde de près, leur distribution est régie par des règles simples. Ils sont jalonnés dans les trois couches par six méridiens solaires équidistants, séparés par 60° en longitude. De plus les méridiens intermédiaires, à intervalles de 30°, dans les couches moyenne et supérieure, et les méridiens à intervalles de 15° dans la couche supérieure, ont aussi la propriété de rejeter des particules. Les trois couches sont ainsi, à partir de la plus basse, respectivement 6, 12 et 24 points d'émission.

Le grand tableau annexé à la Note du 31 mai montre dans quelle mesure cette structure schématique et rigide est réalisée. Il y a des écarts par

Coupe du Soleil suivant un plan perpendiculaire à l'axe de rotation projeté en P.



Cette coupe montre les couches successives de l'atmosphère avec le signe de leur charge électrique et aussi les protubérances à particules positives, les jets coronaux à particules négatives qui sont représentés sortant de l'atmosphère supérieure, mais qui en réalité émanent de couches plus basses. On a augmenté à dessein les épaisseurs des couches pour les rendre plus visibles.

rapport à la loi précédente, variables d'un groupe d'orages à un autre; et ces écarts peuvent tenir à des causes spéciales qui interviennent. Je reproduis ci-dessous une figure insérée dans les *Comptes rendus* du 6 octobre 1913, qui montre deux jets solaires de particules, courbés par le champ magnétique solaire extérieur, très faible (10^{-7} gauss en moyenne dans la région des protubérances). Le jet le plus long, à particules négatives, est celui qui produit nos aurores boréales; or, il est courbé en sens inverse de la rotation du Soleil; et l'on voit immédiatement qu'il atteint la Terre, lorsque son poids d'émission dans le Soleil a dépassé le méridien central de l'astre. Le retard qui, d'après l'observation, est de 45 heures en moyenne, est bien expliqué par le champ de 10^{-7} gauss; il varie d'ailleurs avec la vitesse des particules et le champ. Si l'on se reporte à la formule classique $\frac{mv}{e} = H\rho$ (m, v et e étant la masse, la vitesse et la charge élec-

trique de la particule, H et ρ le champ magnétique et le rayon de courbure), le rayon de courbure ρ augmente avec la vitesse v ou avec des particules plus rapides, et le jet corpusculaire arrive à la Terre avec un retard moindre par rapport au passage de la région active du Soleil au méridien central.

On explique ainsi facilement l'anomalie signalée par Chree, qui a étudié surtout les orages magnétiques séparés par des intervalles de une ou plusieurs rotations entières R. L'intervalle entre le premier orage qui est le plus fort et le suivant est en général supérieur à R et même à 28 jours.

L'interprétation des phénomènes ici présentée est donc intéressante; mais il faut surtout retenir le fait expérimental, non discutable, qui est exactement le suivant :

Les intervalles entre les perturbations sont des multiples de 60°, 30° et 15°, l'écart avec les longitudes théoriques étant le même pour un groupe de perturbations, mais variable d'un groupe à un autre. A l'appui, je présente ci-dessous les orages S (à début brusque) de 1882-1883, rapprochés autrement que dans la Note du 31 mai. Les longitudes sont celles de Maunder et, comme dans la Note précédente, les nombres des orages S sont en chiffres gras (¹).

Perturbations magnétiques.

Dates et particularités.	Longitude du centre du Soleil.	Différence avec 93°.	Différence avec 51°,2.
1882. Avril **16.98** G. S...	93°	0	
20.15 G. S...	51.2		0
Juin **15.13** M. S...	30.9	+62°1	
Août **4.65** A. S...	82		— 30°8
Sept. **12.12** A. S...	293.9		—242.7
Oct. **2.40** G. S...	26.3		+ 24.9
Nov. **16.35** M. S...	153.5	—60.5	
17.43 G. S...	139.2		— 88
1882. Nov. **25.68** A. S...	30°4	+ 62°6	
1883. Fév. **24.57** V. S...	273.4	—180.4	
Avril **3.37** V. S...	135		— 82°8
Juill. **8.62** M. S...	302.3	—209.3	
11.72 M. S...	261.4		—210.2
29.99 V. S...	19.9		+ 31.3
1882. Oct. 5.75 A.....	342.1	—249.1	
1883. Fév. 1.75 A.....	213.9	—120.7	

Les orages forment deux groupes : le premier avec des intervalles de 60°, le second avec des intervalles de 30°; mais les orages du deuxième groupe n'occupent pas exactement le milieu des intervalles du premier; ils arrivent à la Terre avec un léger retard, explicable par une vitesse moindre des particules ; et cette supposition est naturelle, puisqu'ils émanent de la couche moyenne à intervalles de 30°, alors que les autres, à intervalles de 60°, doivent se rattacher à la couche basse. D'autre part le tableau précé-

(¹) MAUNDER, *Monthly Notices*, 65, 1905, p. 5.

dent des orages S offre seulement quatre longitudes sur les six de la couche basse; j'ai ajouté deux orages ordinaires, non S, qui peuvent combler la lacune. Pour décider, il faudrait avoir sous les yeux les courbes des appareils enregistreurs.

Cependant la loi apparaît plus nettement peut-être lorsque l'on considère aussi les petits écarts de la déclinaison, de 2′ à 15′ d'arc, qui surviennent dans les périodes de calme. On a une petite pointe isolée dont la longitude est déterminée avec certitude; les périodes d'agitation continue avec pointes rapprochées multiples sont écartées. Le tableau suivant présente tous les écarts de la déclinaison, grands et petits, ainsi relevés en minutes d'arc du 4 décembre 1925 au 1er mars 1926 (1):

Dates.		Écart de la décli-naison.	Longitude du centre du Soleil.	Différences avec 328°, 8.	Différences théoriques.
1925. Déc.	4.79....	2	343°.5	— 14.7	15
	5.89....	10	328.8	0.00	0
	7.10....	3	312.9	+ 15.9	15
	8.29....	3	297.2	+ 31.6	30
	10.71....	4	265	+ 63.8	60
	15.89....	9	197.1	+131.7	135
	18.71....	5	159.9	+168.9	165
	24.57....	5	82.8	+246	240
	27.83....	11	39.8	+289	285
	28.33....	**18**	**33.2**	**+295.6**	**300**
	29.71....	3	14.8	+314.0	315
	31.83....	4	347.1	— 18.3	15
1926. Janv.	2.08....	4	330.8	— 2	0
	4.25....	7	302.1	+ 26.7	30
	6.54....	2	271.9	+ 46.9	45
	7,66....	6	257.2	+ 71.6	75
	8.79....	3	242.3	+ 86.5	90
	10.92....	5	214.3	+114.5	120
1926. Janv.	13.0	5	186°.9	+141.9	135
	13.87....	**15**	**175.3**	**+153.5**	**150**
	14.96....	10	161.1	+167.7	165
	16.10....	5	146	+182.8	180
	19 00....	11	107.9	+220.9	225
	20.83....	2	83.7	+245.1	240
	22.79....	8	57.9	+270.9	270
	26.69....	**20**	**6 6**	**— 37.8**	**30**
	27.08....	28	1.5	— 32.7	30
Fév.	1.92....	15	271.5	+157.3	150
	11.87....	12	153.5	+175.3	175
	15.50....	8	101.7	+227.1	225
	23.75....	**13**	**357.1**	**— 28.3**	**30**
	24.62....	22	345.5	— 16.7	15
	26.05....	3	326.8	+ 2	0
	27.37....	4	309.3	+ 19.5	15
Mars	1.83....	9	277	+151.8	150

On y distingue les trois couches, admises ci-dessus, à intervalles de 60°, 30° et 15°. Les orages du 26 janvier et du 23 février, qui sont les plus forts, doivent provenir de la couche basse; même celui du 26 janvier, de tous le plus intense et de beaucoup, nous arrive avec une avance notable, due vraisemblablement à la vitesse plus grande de ses particules. Enfin les points d'émission de la couche basse sont aussi points d'émission pour les deux

---

(1) Ces écarts de la déclinaison par rapport à la position moyenne, relevés sur les feuilles de Meudon, sont seulement relatifs; car notre magnétographe, organisé pour être surtout avertisseur, a été placé tout près du grand spectrohéliographe et est voisin de pièces de fer.

autres; ils doivent lancer des particules de vitesses différentes, qui atteignent la Terre successivement; d'où l'agitation, prolongée pendant plusieurs heures ou même plusieurs jours, qui suit les grands orages.

II. Le rayonnement corpusculaire du Soleil a été jusqu'ici négligé; les belles recherches récentes sur l'équilibre radiatif à l'intérieur des étoiles font intervenir seulement le rayonnement ondulatoire; mais le rayonnement corpusculaire a une importance au moins égale, d'autant que les deux rayonnements se substituent l'un à l'autre incessamment; mais le rayonnement corpusculaire, moins pénétrant, est rejeté au dehors en quantité moindre. Si, pour une cause quelconque, l'obstacle des couches supérieures vient à diminuer, comme par exemple là où se trouve une tache, le rayonnement augmente ([1]).

A ce sujet, je rappelle une propriété remarquable des particules électrisées; lorsqu'elles ont traversé une certaine quantité de matière (Wilson, Rutherford), elles prennent une trajectoire hélicoïdale, et donnent naissance à un petit champ magnétique. D'où peut-être l'origine des champs magnétiques élevés reconnus au Mont Wilson sur plusieurs points du disque solaire; les régions de forte émission corpusculaire seraient aussi celles qui ont un fort champ magnétique.

Le rayonnement ondulatoire du Soleil est à peu près constant. Mais le rayonnement corpusculaire, par l'effet du refroidissement de l'astre, a des variations notables et périodiques, qu'il impose ensuite aux couches et dépendances extérieures du Soleil. Il est ainsi lié étroitement au grand phénomène de la période solaire undécennale, et son action apparaît aussi très importante dans les autres étoiles, dans les comètes et nébuleuses.

ASTRONOMIE. — *Sur un moyen d'améliorer les coordonnées lunaires déduites des occultations d'étoiles.* Note de M. G. Bigourdan.

Beaucoup d'occultations d'étoiles par la Lune s'observent facilement à $0^s,2$ près; et comme, en moyenne, le mouvement de la Lune en longitude est de $0'',5$ en une seconde de temps, ces occultations devraient donner la longitude lunaire avec une approximation de $0'',1$ qu'on est loin d'atteindre ordinairement.

La cause en est que, dans les calculs nécessaires pour conclure cette longi-

([1]) Voir une Note antérieure sur l'émission des rayons X, ultra X et corpusculaires par les corps célestes (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 511).

tude, on considère la Lune comme uue sphère parfaite, dont le diamètre apparent varie uniquement avec la distance à l'observateur. Or cette condition n'est pas remplie, à cause des irrégularités du relief lunaire, qui produit, au point occultant, des aspérités variables avec les librations : la hauteur moyenne de ces aspérités dépasse souvent 1″, et il en résulte parfois des phénomènes singuliers, comme des doubles disparitions ou réapparitions, vers les angles de position de 0° ou de 180° du bord lunaire.

Il résulte de là que pour améliorer les longitudes lunaires déduites des occultations, il suffirait de connaître la forme et la hauteur des aspérités, au point occultant, ce qui permettrait de ramener les heures observées à celles correspondant au diamètre moyen adopté dans les calculs; ensuite on corrigerait au besoin ce diamètre par l'ensemble des occultations considérées.

Mais le profil lunaire n'est pas susceptible d'une définition permettant de le calculer pour un instant donné; il change d'ailleurs, nous l'avons rappelé, avec les diverses librations, de sorte qu'il faudrait le déterminer expérimentalement. Pour cela on pourrait avoir recours à un globe lunaire en relief, que l'on regarderait à distance, après lui avoir donné la position correspondant aux librations bien connues du moment considéré. D'ailleurs il suffirait évidemment que ce globe figurât le relief de la zone d'environ 10° de large voisine du contour et dont les points peuvent se trouver sur le bord du disque pour un observateur placé sur la Terre.

On a construit de ces globules lunaires en relief; mais en général ils ne paraissent pas être assez fidèles pour répondre à notre but. Fort heureusement, aujourd'hui des photographies, obtenues à des moments choisis, avec des instruments de grande distance focale, pourraient faire connaître ce relief avec la précision nécessaire. Même certaines applications récentes du principe stéréoscopique (permettant de tracer d'une manière continue les courbes de niveau d'un terrain) pourraient aider à réaliser ce relief, sinon même à résoudre, en première approximation, le problème dont il s'agit.

Ce relief étant supposé réalisé, il est facile de voir quels en seraient les grands avantages :

Avec des lunettes même assez petites on pourrait multiplier partout les observations utiles d'occultations, parce que partout on peut facilement connaître l'heure exacte; et l'on obtiendrait ainsi rapidement de nombreuses positions lunaires très précises. Même on pourrait améliorer les observations du passé lorsque l'heure locale en est exactement connue; et l'on sait que cela remonte à plus de 250 ans.

Rappelons d'ailleurs que la Lune est toujours l'astre rebelle à nos théories et celui qui met le mieux nos hypothèses à l'épreuve. Avec les positions précises obtenues comme il vient d'être dit, on pourrait déterminer empiriquement des inégalités qui, dans l'avenir comme il est arrivé dans le passé, nous mettraient sans doute sur la trace de découvertes importantes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Titre de l'air atmosphérique en krypton et en xénon.* Note (1) de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape.**

1. Peu après avoir découvert le krypton et le xénon dans les résidus d'évaporation de l'air liquide (2), W. Ramsay et M. M. Travers essayèrent de déterminer les proportions de ces deux nouveaux gaz constitutifs de notre atmosphère en les séparant, aussi complètement que possible, d'un volume connu d'air liquide (une trentaine de litres). Cette estimation qui, d'après les auteurs eux-mêmes, ne pouvait représenter qu'une approximation grossière, conduisit aux résultats suivants pour le titre, en volumes, du krypton et du xénon dans l'air (3),

$$\mathrm{Kr}: 1\times10^{-6},\quad \mathrm{Xe}: 5\times10^{-8}.$$

Une nouvelle détermination, suivant la même méthode, a été effectuée par W. Ramsay, en 1903. Il traita une masse d'air de $191^{\mathrm{kg}},1$ dans une machine à air liquide de Hampson et en isola finalement $7^{\mathrm{cm^3}},5$ de krypton et $0^{\mathrm{cm^3}},87$ de xénon. Ces volumes correspondent, pour l'air traité, aux proportions (4) :

$$\mathrm{Kr}: 5\times10^{-8};\quad \mathrm{Xe}: 5,9\times10^{-9}$$

très inférieures aux précédentes (5).

---

(1) Séance du 12 juillet 1926.

(2) W. Ramsay et M. Travers, *Proc. Roy. Soc.*, A, 63, 1898, p. 405; *Comptes rendus*, 126, 1898, p. 1610.

(3) M. Travers, *Study of Gases* (Macmillan, Londres, 1901), p. 116; W. Ramsay, *Proc. Roy. Soc.*, A, 71, 1903, p. 426.

(4) W. Ramsay, *Proc. Roy Soc.*, A, 71, 1903, p. 426; 80, 1908, p. 599.

A la page 234 de la traduction allemande de l'Ouvrage de M. Travers, traduction parue en 1905, M. Rabinowitsch, dans une Note historique récente (*Zeit. ang. Chem.*, 39, 1926, p. 737, note 5), signale un désaccord dû, en fait, au traducteur allemand, qui a utilisé incorrectement le résultat du dosage du xénon de 1903.

(5) Ce sont encore ces proportions que W. Ramsay et G. Rudorf citent dans leur grand Ouvrage sur les gaz rares publié en 1918 (*Handbuch der allgemeinen Chemie*, Band II, *Die Edelgase*, Leipzig, 1918).

2. On se rend compte que ces déterminations ne peuvent être qu'entachées d'une erreur par défaut, dont il est impossible d'évaluer même l'ordre de grandeur. En vue d'obtenir des résultats plus corrects, nous avons appliqué à l'air atmosphérique la méthode spectrophotométrique de dosage du krypton et du xénon indiquée antérieurement ([1]). Ne mettant en œuvre que de très petits volumes d'argon brut (1^{cm^3} suffit), dont elle n'exige qu'un fractionnement très peu poussé, cette méthode est incomparablement plus rapide et plus précise que le procédé plus direct, mais fort laborieux, de W. Ramsay.

Un volume connu d'argon brut de l'air (1 à 2^{cm^3}) est soumis à l'absorption fractionnée par le charbon de noix de coco ($0^g,25$) refroidi à une température convenable dans un appareil à circulation analogue à ceux que nous utilisons dans nos études sur les gaz rares ([2]). Après élimination de la majeure partie du gaz libre (les $\frac{9}{10}$ environ du volume total de l'argon brut employé), on réchauffe le tube à charbon et l'on mesure le volume des gaz dégagés. Puis on dose le krypton ou le xénon dans ce mélange gazeux suivant la méthode spectrophotométrique que nous avons fait connaître ([3]).

Pour le dosage du krypton, la température de fractionnement qui nous a paru le plus commode est — 79° (acétone saturée de neige carbonique). Ainsi qu'on le verra dans le tableau suivant, un seul fractionnement à cette température paraît suffisant pour séparer pratiquement la totalité du krypton ; la présence du xénon n'a aucune influence. Mais dans le cas du dosage du xénon, si le volume d'argon brut est supérieur à 1^{cm^3}, le spectre du krypton gêne l'appréciation de l'intensité lumineuse de la raie bleu indigo du xénon. Il convient alors de procéder d'abord au dosage du xénon, en fractionnant une ou deux fois l'argon brut vers — 40° : tout le xénon et une partie seulement du krypton se trouvent ainsi fixés par le charbon ; puis, pour le dosage du krypton, on ajoutera au gaz ainsi obtenu celui fourni par un nouveau fractionnement à — 79°.

Voici les données relatives à celles de nos expériences réalisées dans les meilleures conditions sur l'argon brut de l'air (mélange global des cinq gaz rares extrait de l'air atmosphérique) :

([1]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 691; 153, 1911, p. 740; 174, 1922, p. 908.

([2]) Ch. Moureu, *Journ. Chim. phys.*, 11, 1913, p. 63.

([3]) Ch. Moureu et A. Lepape, *loc. cit.*

Dosage du krypton dans l'argon brut de l'air.

Volume d'argon brut de l'air utilisé (en mm³).	Titre en volumes de Kr: dans le gaz fixé par le charbon.	dans l'argon brut de l'air.	Conditions opératoires.
833,5	$1,17\times10^{-3}$	$0,88\times10^{-4}$	1 fract. à — 79°
1865.......	0,7	1,00	1 »
»	3,2	1,07	2 »
»	1,15	1,03	3 »
1379.......	1,05	1,15	1 »
934.......	1,6	1,09	2 »
»	0,9	1,11	1 »
»	3,3	1,04	1 »
2105.......	1,3	1,10	2 fr. à — 40° et 1 à — 79°
2115.......	1,65	1,10	3 fract. à — 40°

Dosage du xénon dans l'argon brut de l'air.

Volume d'argon brut de l'air utilisé (en mm³).	Titre en volumes de Xe: dans le gaz fixé par le charbon.	dans l'argon brut de l'air.	Conditions opératoires.
1200...........	$3,5\times10^{-4}$	$1,3\times10^{-5}$	1 fract. à — 79°
1160...........	10	1,0	1 » à — 23
1914...........	8	0,8	1 » à — 40
2000...........	5	1,15	2 » à — 40
2458...........	4,5	1,10	2 » à — 40

3. De l'ensemble de nos expériences résultent les valeurs moyennes suivantes pour la concentration ou titre, en volumes, du krypton et du xénon dans l'argon brut de l'air :

Argon brut de l'air.	Krypton.	Xénon.
Titre en volumes....................	$1,1\times10^{-4}$	9×10^{-6}

Sachant que le titre de l'argon brut est, dans l'air, de $9,34\times10^{-3}$, on obtient pour l'air lui-même :

Air atmosphérique.	Krypton.	Xénon.
Titre en volumes....................	$1,0\times10^{-6}$	9×10^{-8}

Ces nouvelles déterminations permettent de fixer ainsi la composition centésimale de l'air en ce qui concerne les gaz rares qu'il renferme :

Gaz rares de l'air.	Proportions dans 100 parties d'air en poids.	Proportions dans 100 parties d'air en volumes
Argon	1,29	0,9323
Néon	0,0012	0,0018
Hélium	0,00007	0,0005
Krypton	0,0003	0,0001
Xénon	0,00004	0,000009

Tant pour le krypton que pour le xénon, les nombres que nous avons obtenus sont environ vingt fois plus grands que ceux admis définitivement par W. Ramsay, à la suite de ses expériences de 1903; ils s'identifient pratiquement à ceux indiqués dès 1900 par Ramsay et M. Travers ([1]).

4. Afin de déterminer l'erreur que comporte notre méthode de dosage, nous avons traité, comme l'argon brut de l'air, des solutions titrées d'argon-krypton et d'argon-xénon de composition analogue. Mais, par suite d'un accident grave survenu à notre appareil, puis des circonstances qui ont suivi, nous n'avons pu réaliser qu'un très petit nombre de mesures ([2]). Le titre trouvé est toujours inférieur (13 pour 100, en moyenne, pour le krypton, et 25 pour 100, pour le xénon, au titre réel du mélange synthétique préparé). L'irrégularité des résultats et le signe de l'écart trouvé s'accordent mal avec la série des expériences sur l'argon de l'air. Dans ces expériences, les résultats aberrants sont très rares et les valeurs obtenues ne s'écartent pas, en général, de plus de 10 pour 100 de la moyenne; nous ne saurions cependant affirmer que cet écart représente l'erreur réelle de nos déterminations.

([1]) L'importance de la différence entre nos résultats et ceux de Ramsay ne saurait surprendre, à cause de l'extrême difficulté que comporte la séparation du krypton et du xénon de l'air liquide. Le fractionnement par évaporation ou distillation ne s'opère qu'au prix de pertes importantes, que l'un de nous a déterminées et qu'il fera connaître dans la suite. Dans la préparation de krypton et de xénon que W. Ramsay et M. R. B. Moore ont effectuée, à partir de 120 tonnes d'air (*Proc. Roy. Soc.*, A, 81, 1908, p. 195), le rendement est de 0,3 pour 100 du rendement théorique pour Kr et 3 pour 100 du rendement théorique pour Xe. Dans une récente séparation du xénon provenant de 439 tonnes d'air, M. Aston a obtenu un rendement de 2 pour 100 (*Proc. Roy. Soc.*, A, 103, 1923, p. 462).

([2]) Les expériences qui font l'objet de la présente Note ont été exécutées en 1921 et 1922. Une publication sommaire des résultats a été faite au cours d'une conférence donnée à la Société chimique de Londres, le 14 juin 1923 (Ch. Moureu, *Journ. of the Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 1905).

5. Par sa belle méthode des spectres de rayons positifs, M. Aston a examiné récemment les résidus lourds du fractionnement de 500^{cm^3} de xénon de l'air, et il n'a pu y découvrir l'indice de la présence d'autres gaz rares stables. Se basant sur le titre de l'air en xénon indiqué par Ramsay, M. Aston conclut qu'il n'existe pas de gaz rare plus lourd que le xénon dans l'air en proportions supérieures à 1 partie dans 10^{15} et probablement à 1 partie dans 2×10^{16} (1). D'après nos dosages du xénon dans l'air, ces nombres doivent être corrigés et ramenés à 2 parties dans 10^{14} et 1 partie dans 10^{15}.

PHYSIOLOGIE. — *Effets protecteurs du chloralose sur l'anesthésie chloroformique.* Note (2) de MM. **Charles Richet** et **P. Lassablière.**

Dans une Note précédente (3), nous avons montré que l'injection intraveineuse d'une solution saline hypertonique empêche l'intoxication des ganglions du cœur, et par conséquent la syncope cardiaque, chez les chiens auxquels on fait respirer du chloroforme à dose anesthésiante.

L'ingestion préalable *per os* du chloralose à dose assez faible ($0^g,05$ par kilogramme) a des effets analogues.

Nous avions d'abord supposé que le chloralose agit en facilitant l'anesthésie chloroformique, comme on le sait pour la morphine, depuis les expériences classiques de Claude Bernard. Mais les faits ont été tout autres que nos prévisions, ainsi qu'il arrive si souvent.

Pendant les deux heures qui suivent l'ingestion du chloralose, les chiens sont devenus beaucoup moins sensibles au chloroforme et n'entrent en résolution complète qu'après de fortes doses de chloroforme.

Quant au cœur, il est devenu, comme après une injection saline, réfractaire à la syncope.

Tout se passe comme si, par le poison chloralose, les ganglions du cœur, renforcés dans leur tonicité, ne pouvaient plus être empoisonnés par le chloroforme. D'ailleurs l'un de nous avait prouvé il y a longtemps qu'un poison, ayant à faible dose produit une légère intoxication cellulaire, rend les cellules moins sensibles à l'action d'un autre poison.

---

(1) F. W. Aston, *Proc. Roy. Soc.*, A, 103, 1923, p. 462.
(2) Séance du 12 juillet 1926.
(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1502.

Tout à fait comme après une injection saline, chez les chiens chloralosés la durée de l'inhalation chloroformique nécessaire à la résolution complète est plus longue que chez les chiens normaux. Sur 9 chiens chloralosés, il a fallu en moyenne 8 minutes pour la résolution complète, tandis qu'il n'a fallu que 3 minutes 30 secondes en moyenne, chez les chiens normaux.

Sur 10 chiens témoins, normaux, il y a eu 5 morts par syncope cardiaque. Il n'y a eu aucune mort chez les chiens chloralosés.

Ces faits comportent peut-être quelque application pratique; cependant l'ingestion de $0^g,05$ (par kilogramme) de chloralose est beaucoup trop forte chez l'homme. Il semble qu'une dose totale de $0^g,50$ ne doive pas être dépassée, l'homme étant plus sensible que le chien au chloralose. Il faut aussi que le chloralose soit bien pur; car souvent le chloralose du commerce contient du parachloralose, assez toxique.

Après une dose (inoffensive) de $0^g,50$ de chloralose pur ingéré en cachets, nous croyons que les inhalations chloroformiques ne provoqueraient plus de syncope cardiaque.

Mais, nous le répétons, il n'est pas permis de conclure du chien à l'homme, et il conviendrait aux chirurgiens de voir si la résistance plus grande à l'anesthésie générale compenserait la résistance plus grande à la syncope cardiaque.

M. **P. Appell** (¹), en présentant à l'Académie un volume intitulé : *Fonctions hypergéométriques et hypersphériques; polynomes d'Hermite*, dont il est l'auteur en collaboration avec M. **Kampé de Fériet**, professeur à l'Université de Lille, s'exprime comme il suit :

L'Ouvrage, déjà ancien, de H. E. Heine (1878), intitulé : *Handbuch der Kugelfunktionen*, expose les propriétés principales et les applications des polynomes de Legendre ou de Jacobi, des fonctions de Laplace, et de leurs dégénérescences, ainsi que les rapports de ces fonctions avec le potentiel et la fonction hypergéométrique de Gauss.

Il nous a semblé, à M. Kampé de Fériet et à moi, que le moment était venu de publier un Ouvrage analogue sur les fonctions sphériques de deux ou de plusieurs variables, notamment sur les polynomes d'Hermite, et sur les rapports de ces fonctions avec les potentiels dans l'espace à plus de trois dimensions et avec les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables.

(¹) Séance du 7 juillet 1926.

L'Ouvrage est divisé en trois parties : dans la première, on trouvera l'exposé des résultats relatifs aux fonctions hypergéométriques de deux ou plusieurs variables, dus à l'un de nous, puis à MM. E. Picard et E. Goursat; dans la deuxième, est développée l'étude des fonctions hypersphériques; dans la troisième, sont étudiés des polynomes à une et à plusieurs variables dont la définition est également due à Hermite et qui sont un cas limite des polynomes précédents.

Six Notes complètent l'Ouvrage; elles sont relatives : 1° aux polynomes $V_n^{(s)}(x)$; 2° à une application de la fonction $F_4(\alpha, \beta, \gamma, \gamma', x, y)$ à certains développements de Mécanique céleste; 3° aux résultats de M. Horn relatifs au domaine de convergence des séries hypergéométriques les plus générales à deux variables; 4° aux travaux récents sur la résolution des équations algébriques par des séries hypergéométriques générales; 5° à l'application des polynomes d'Hermite aux quadratures mécaniques des fonctions à plusieurs variables; 6° aux généralisations des fonctions hypersphériques dues à M. Pierre Humbert.

Nous adressons tous nos remercîments à l'Imprimerie Gauthier-Villars, dont l'éloge n'est plus à faire.

NOMINATIONS.

M. Ch. Depéret est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument qui sera élevé à la mémoire de *G. Gouy*, le 2 août, à Vals-les-Bains.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le volume V, années 1917-1918-1919-1920-1921-1922, deuxième partie des *Tables annuelles des Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*, publiées sous le patronage de l'Union de Chimie pure et appliquée.

2° André Lamouche. *Le principe de simplicité dans les sciences mathématiques et dans les sciences physiques*. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction des domaines par une substitution à m variables complexes et l'existence d'un seul point invariant.* Note de M. **Rolin Wawre**, présentée par M. Hadamard.

Le *lemme* suivant nous sera nécessaire : Si $u = \varphi(z_1, \ldots, z_m)$ est une fonction holomorphe, non identiquement nulle, dans le voisinage de l'origine O de l'espace $E(z_1, \ldots, z_m)$, telle que $0 = \varphi(0, \ldots, 0)$, le voisinage du point $u = 0$, dans le plan des u est recouvert une fois au moins lorsque le point z décrit le voisinage de O.

La propriété est vraie si l'une des fonctions

$$\varphi(z_1, 0, \ldots, 0), \quad \varphi(\gamma_1, z_2, 0, \ldots, 0), \quad \ldots, \quad \varphi(\gamma_1, \ldots, \gamma_{m-1}, z_m)$$

n'est pas identiquement nulle en la variable z, les γ étant convenablement choisis, sans quoi $\varphi(\gamma_1, \ldots, \gamma_m) \equiv 0$, ce qui est contraire à l'hypothèse.

Soit V_0 *un volume, frontière comprise, de l'espace* E, *tout entier à distance finie, renvoyé à son intérieur par une substitution*

$$z^{(1)} = \Psi(z), \qquad z_i^{(1)} = \psi_i(z_1, \ldots, z_m) \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

les fonctions ψ_i *étant holomorphes dans* V_0 ; *alors, il n'existe qu'un point invariant à l'intérieur de* V_0.

Soit en $V_1, V_2, \ldots$ les conséquents de V_0 ; ils sont tous fermés. La relation $V_0 > V_1$ entraîne $V_0 > V_1 > V_2 > \ldots$. Soit V_ω l'ensemble des points communs à tous les V. V_ω est fermé. Tout point de V_ω possède un antécédent par Ψ dans V_ω. V_ω se change en lui-même par Ψ.

Soit $z_i^{(n)} = \psi_i^{(n)}(z_1, \ldots, z_m)$ la substitution itérée d'ordre n : des fonctions $\psi_i^{(n)}$ sont holomorphes dans V_0 et bornées en module par un même nombre. Elles forment *m suites normales* dans V_0.

On peut donc extraire m suites $\psi_i^{(\lambda)}$ qui convergent uniformément dans V_1 vers m fonctions $\varphi_i(z_1, \ldots, z_m)$ holomorphes dans V_0. Soit Φ cette substitution limite : Φ *transforme* V_0 en V_ω. Tout point p de V_ω possède au moins un antécédent par Φ dans V_ω ; en effet, il en est ainsi des $\Psi^{(\lambda)}$. Soient $p^{(-\lambda)}$ une suite d'antécédents, $p^{(-l)}$ une suite extraite qui converge vers un point p_{-1}, ce dernier appartient à V_ω comme tous les $p^{(-\lambda)}$, on a $\Psi^{(l)}[p^{(-l)}] = p$ et à la limite $\Phi(p_{-1}) = p$. Φ *transforme* V_ω *en* V'_ω. Soit R_1 l'ensemble que décrit z_1 dans son plan lorsque le point $z_1, \ldots, z_m$ décrit V_ω, R_1 est fermé. Soient a_1 un point de la frontière de R_1, A un point de V_ω pour lequel $z_1 = a_1$.

A possède un antécédent A_{-1}, par Φ dans V_ω. Mais A_{-1} est *point intérieur* de V_0.

Supposons l'origine en A_{-1}, la fonction $u - a_1 = \varphi_1(z_1, \ldots, z_m)$, $0 = \varphi(0, \ldots, 0)$ est telle que le voisinage de A_{-1} recouvrirait le voisinage de a_1 dans le plan z_1, en vertu du *lemme* ci-dessus, de sorte que a_1 étant point frontière de R_1, la fonction φ_1 se réduit à zéro. On raisonnerait de la même manière à propos de $\varphi_2, \ldots, \varphi_m$. La substitution Φ se réduit donc à m constantes et le domaine V_ω à un seul point. Ce dernier est invariant et c'est le seul dans V_0, car tout autre appartiendrait à V_ω.

Critérium de la rapidité de la réduction des ensembles V_n. — Supposons le point invariant à l'origine de E, des $\psi_i^{(n)}$ convergent uniformément vers zéro dans V_1 et l'ensemble V_N, pour N assez grand, est tout entier intérieur à un domaine cylindrique $|z_i| < \rho$, intérieur à V_0; le domaine cylindrique est renvoyé à son intérieur par $\Psi^{(N)}$. Nous avons donc $|z_i^{(N)}| < h\rho$, $h < 1$. Les fonctions

$$f_i(\lambda) = \frac{\psi_i^{(N)}(\lambda z_1, \ldots, \lambda z_m)}{\lambda}$$

sont holomorphes en λ, dans le cercle $|\lambda| \leqq 1$, lorsque $|z_i| < \rho$. Mais $|f_i(\lambda)| < h\rho$ pour $|\lambda| = 1$, de sorte que l'on a

$$|\psi^{(N)}(\lambda z_1, \ldots, \lambda z_m)| < h\rho\,|\lambda|;$$

or, si $|z_i| < h\rho$ et c'est le cas de $z_i^{(N)}$, on peut supposer $|\lambda| = h$; alors

$$|z_i^{(2N)}| < h^2\rho, \qquad |z_i^{(3N)}| < h^3\rho, \quad \ldots, \qquad |z_i^{(n)}| < \frac{\theta^n}{h}\rho,$$

θ représentant la racine $N^{\text{ième}}$ arithmétique de h. On a donc

$$|z_i^{(n)}| < B\,\theta^n$$

pour n assez grand, $n > N$, B et θ représentant deux nombres positifs dont le second est inférieur à l'unité.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur une classe de fonctionnelles analytiques.* Note de M. LUIGI FANTAPPIÉ, présentée par M. Hadamard.

1. Nous voulons rechercher les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonctionnelle analytique $F[y(t)]$ soit exprimable par une fonction ordinaire de $y(t)$ (analytique) et de ses n premières dérivées, calculées

pour m valeurs données $t_1, t_2, \ldots, t_m$, c'est-à-dire

$$(1)\quad F[y(t)] = f[y(t_1), y'(t_1), \ldots, y^{(n)}(t_1), y(t_2), \ldots, y^{(n)}(t_2), \ldots, y(t_m), \ldots, y^{(n)}(t_m)].$$

Dans ce cas la fonctionnelle se présente sous une forme particulièrement simple qui permet de l'étudier par les moyens ordinaires de l'Analyse.

2. Je vais calculer la dérivée fonctionnelle $F'[y(t); \alpha]$ de la fonctionnelle $F'[y(t)]$ qui est définie par ([1])

$$(2)\qquad F'[y(t); \alpha] = \left\{ \frac{\partial}{\partial \varepsilon} F\left[y(t) + \frac{\varepsilon}{t - \alpha} \right] \right\}_{\varepsilon = 0},$$

dans le cas où (1) est vérifiée. J'aurai

$$(3)\qquad F'[y(t); \alpha] = -\sum_{0}^{n} \sum_{1}^{m}{}_{r} \frac{\partial f}{\partial y_r^{(s)}} \frac{s!}{(\alpha - t_r)^{s+1}},$$

où $y_r^{(0)} = y(t_r)$, $y_r^{(s)} = y^{(s)}(t_r)$. *Donc nécessairement, si* (1) *est satisfaite, la dérivée fonctionnelle* $F'[y(t); \alpha]$ *est toujours, quel que soit* $y(t)$, *une fonction rationnelle de* α *avec m pôles d'ordre* $n+1$ [*ou d'un ordre plus petit si les dérivées* $y^{(n)}(t_r)$ *ne figurent pas effectivement dans* f] *dans les m points* $t_1, t_2, \ldots, t_m$, *dont la position ne dépend pas de* $y(t)$.

3. Cette condition nécessaire est aussi suffisante pour que la fonctionnelle $F[y(t)]$ ait la forme (1). En effet nous pouvons développer cette fonctionnelle, dans le voisinage d'une fonction régulière $y_0(t)$, avec la série de M. Volterra généralisée ([2])

$$(4)\quad F[y_0(t) + \varphi(t)] = F[y_0(t)] + \sum_{1}^{\infty}{}_{p} \frac{1}{p!} F^{(p)}[y_0(t); \overset{\star}{\alpha}_1, \overset{\star}{\alpha}_2, \ldots, \overset{\star}{\alpha}_p]\, \varphi(\overset{\star}{\alpha}_1)\, \varphi(\overset{\star}{\alpha}_2) \ldots \varphi(\overset{\star}{\alpha}_p)$$

où $F^{(p)}$ est la dérivée fonctionnelle $p^{\text{ième}}$ de la fonctionnelle F (fonction symétrique de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$). Comme nous avons, par hypothèse,

$$F'[y(t); \alpha_1] = -\sum_{0}^{n}{}_{s} \sum_{1}^{m}{}_{r} \frac{s!\, a_{rs}}{(\alpha_1 - t_r)^{s+1}},$$

et que les pôles t_r sont fixes, seuls les a_{rs} pourront dépendre de $y(t)$. Nous

---

([1]) L. Fantappié. *La derivazione delle funzionali analitiche* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, 1, 1er semestre 1925, p. 509).

([2]) L. Fantappié, *I funzionali analitici non lineari* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, 3, 1er semestre 1926, p. 529).

aurons alors, pour la deuxième dérivée,

$$F''[y(t);\alpha_1,\alpha_2]=\left\{\frac{\partial}{\partial\varepsilon}F'\left[y(t)+\frac{\varepsilon}{t-\alpha_r};\alpha_1\right]\right\}_{\varepsilon=0}$$

$$=-\sum_0^n{}_s\sum_1^m{}_r\frac{s!}{(\alpha_1-t_r)^{s+1}}\left(\frac{\partial}{\partial\varepsilon}a_{rs}\right)_{\varepsilon=0}.$$

Donc $F''[y(t);\alpha_1,\alpha_2]$ est encore une fonction rationnelle de α_1 avec pôles aux mêmes points t_r, d'ordres non supérieurs à $n+1$; mais, comme elle est une fonction symétrique de α_1 et α_2, elle jouira aussi de la même propriété par rapport à α_2, c'est-à-dire

$$F''[y_0(t);\alpha_1,\alpha_2]=\sum_0^n{}_{s_1s_2}\sum_1^m{}_{r_1r_2}\frac{s_1!\,s_2!\,a^{(2)}_{r_1r_2,s_1s_2}}{(\alpha_1-t_{r_1})^{s_1+1}(\alpha_2-t_{r_2})^{s_2+1}},$$

où $a^{(2)}_{r_1r_2,s_1s_2}=a^{(2)}_{r_2r_1,s_2s_1}$. En général, on aura pour la dérivée $p^{\text{ième}}$

$$F^{(p)}[y_0(t);\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_p]=\sum_0^n{}_{s_1s_2\ldots s_p}\sum_1^m{}_{r_1r_2\ldots r_p}\frac{(-1)^p s_1!\,s_2!\ldots s_p!\,a^{(p)}_{r_1r_2\ldots r_p,s_1s_2\ldots s_p}}{(\alpha_1-t_{r_1})^{s_1+1}(\alpha_2-t_{r_2})^{s_2+1}\ldots(\alpha_p-t_{r_p})^{s_p+1}}.$$

On aura donc

$$F^{(p)}\left[y_0(t);\underset{\star}{\alpha_1},\underset{\star}{\alpha_2},\ldots\underset{\star}{\alpha_p}\right]\varphi(\overset{\star}{\alpha_1})\,\varphi(\overset{\star}{\alpha_2})\ldots\varphi(\overset{\star}{\alpha_p})=\sum_0^n{}_{s_i}\sum_1^m{}_{r_i}a^{(p)}_{r_1r_2\ldots r_p,s_1s_2\ldots s_p}\varphi^{(s_1)}_{r_1}\varphi^{(s_2)}_{r_2}\ldots\varphi^{(s_p)}_{r_p},$$

où $\varphi^{(s)}_r=\varphi^{(s)}(t_r)$, et si $y(t)=y_0(t)+\varphi(t)$ est près de $y_0(t)$, le développement (4) nous donnera enfin

$$F[y_0(t)+\varphi(t)]=g(\varphi^{(0)}_1,\varphi^{(1)}_1,\ldots,\varphi^{(n)}_1,\varphi^{(s)}_2,\ldots,\varphi^{(n)}_2,\ldots,\varphi^{(o)}_m,\ldots,\varphi^{(n)}_m)$$

d'où l'on obtient (1) à cause de $\varphi^{(s)}_r=y^{(s)}_r-y^{(s)}_{o,r}$.

4. En particulier, *afin qu'une fonctionnelle* $\varphi(z)=F[y(t);z]$ (*qui à chaque fonction* $y(t)$ *fait correspondre une fonction* $\varphi(z)$] *soit une fonction déterminée de* z, $y(z)$ *et de ses dérivées jusqu'à l'ordre* n

$$\varphi(z)=f[z,y(z),y'(z),\ldots,y^{(n)}(z)]$$

il faut et il suffit que sa dérivée fonctionnelle $F'[y(t);\alpha]$ *soit toujours, quelque soit* $y(t)$, *une fonction rationnelle de* α *avec un seul pôle d'ordre* $n+1$ *pour* $\alpha=z$.

RELATIVITÉ. — *Sur les ondes de discontinuité du second ordre dans un univers d'Einstein.* Note de M. **H. Mineur**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous appelons univers d'Einstein un espace E à quatre dimensions qui vérifie les équations de la gravitation einsteinienne. Nous employons dans cette étude les méthodes de M. Cartan (*Ann. E. N. S.*, 1923-1924).

En tout événement M de E, nous définissons un système de référence $\vec{e}_0\, \vec{e}_1\, \vec{e}_2\, \vec{e}_3$: le vecteur $\overrightarrow{dM}$, qui représente un déplacement de cet événement, a pour expression :

$$\overrightarrow{dM} = \omega^0 \vec{e}_0 + \omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2 + \omega^3 \vec{e}_3,$$

et l'intervalle entre les extrémités de $\overrightarrow{dM}$ est

$$\overrightarrow{dM}^2 = (\omega^1)^2 + (\omega^2)^2 + (\omega^3)^2 - (\omega^0)^2\,;$$

soient $\omega_{ik} = \Sigma \gamma_{ikl} \omega^l$ les formes linéaires de différentielles telles que

$$\omega_{ik} + \omega_{ki} = 0 \quad (\omega_i)' = \sum_{k=0}^{3} \omega_{ki}\omega^k \qquad \text{et} \qquad \Omega^{ij} = (\omega^{ij})' - \sum_{l=0}^{3} \omega^{il}\omega_l^k\,;$$

la forme $\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\vec{e}_i\, \vec{e}_j\right]$ définit la courbure de l'univers. On a les identités

$$\text{(I)} \qquad \sum_{i=0}^{3} \omega^i \Omega_i^k = 0.$$

Comme nous considérons un univers d'Einstein, la courbure vérifie les équations de gravitation

$$\text{(II)} \qquad \left(\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\mathrm{M}\vec{e}_i\vec{e}_j\right]\right)' = 0.$$

2. Nous nous proposons de trouver la forme des discontinuités du second ordre qui peuvent exister dans E. Soit S une surface à trois dimensions et

$$\Omega = \sum_{i=0}^{3} \alpha_i \omega^i = 0$$

l'équation de son plan tangent, nous supposons que S sépare E en deux univers E_1 et E_2, dans lesquels les équations (I) et (II) sont vérifiées ; lorsqu'on traverse S, les coefficients des formes ω^i sont continus ainsi que les γ_{ikl}, mais les $\frac{\partial \gamma_{ikl}}{\partial \omega^m}$ subissent une variation brusque que nous écrivons

$\left\{\frac{\partial\gamma_{ikl}}{\partial\omega^m}\right\}$. Les conditions de compatibilité cinématiques (HADAMARD, *Leçons sur la propagation des ondes*) s'écrivent

$$\left\{\frac{\partial\gamma_{ikl}}{\partial\omega^m}\right\} = \alpha_m \lambda_{ikl},$$

on en déduit

$$\left\{\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\vec{e}_i \vec{e}_j\right]\right\} = \sum (\lambda_k^{ij}\alpha_l - \lambda_l^{ij}\alpha_k)[\omega^l\omega^k]\left[\vec{e}_i\vec{e}_j\right].$$

La discontinuité est absolue si les quantités

$$\lambda_k^{ij}\alpha_l - \lambda_l^{ij}\alpha_k$$

ne sont pas toutes nulles; dans le cas contraire, elle est apparente; elle peut disparaître par un choix convenable des systèmes de références $\vec{e}_i$.

3. En utilisant les conditions dynamiques (I) et (II), on trouve qu'une discontinuité absolue doit vérifier la condition

$$\alpha_0^2 - \alpha_1^2 - \alpha_2^2 - \alpha_3^2 = 0,$$

c'est-à-dire se propage avec la vitesse de la lumière. Ce point peut être établi plus rapidement en suivant une méthode due à M. Vessiot (*Comptes rendus*, 1918); car, si l'on suppose que l'équation du plan tangent à S est $\omega^1 = 0$, on aboutit à une impossibilité.

4. La résolution du système qui définit $\lambda_{ij.k}$ montre que la variation du bivecteur de courbure peut être ramenée par un changement du système de référence à la forme

$$\left\{\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\vec{e}_i\vec{e}_j\right]\right\} = g\,\Omega\,\vec{E}\left[\omega^2\vec{e}_2 - \omega^3\vec{e}_3\right],$$

g est un coefficient et $\vec{E}$ désigne un vecteur tangent au rayon gravifique. On peut interpréter géométriquement l'opération qui consiste à passer du bivecteur $\Sigma\left[\omega^i\omega^j\right]\left[\vec{e}_i\vec{e}_j\right]$ au bivecteur $\left\{\Sigma\Omega^{ij}\left[\vec{e}_i\vec{e}_j\right]\right\}$. Des considérations géométriques nous conduisent à regarder cette discontinuité comme transversale.

5. Dans un univers à symétrie sphérique, on ne peut trouver d'onde du second ordre qui conserve la symétrie de l'univers; ce résultat peut être établi directement. Si l'on cherche un ds^2 à symétrie sphérique où les g_{ik} dépendent de t, on ne trouve que le ds^2 de Schwarzschild; par exemple, le ds^2 extérieur d'une sphère pulsante est le même que si cette sphère est au repos.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la limite du régime laminaire et du régime turbulent, révélée par l'apparition de tourbillons alternés nets.* Note [1] de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Brillouin.

La formule empirique que j'ai proposée [2], pour la fréquence des tourbillons alternés dans les liquides, représente au mieux l'ensemble de mes mesures effectuées avec quatre liquides de viscosités très différentes; il est évident que cette formule ne peut être extrapolée qu'avec prudence en dehors des limites de variations que j'ai publiées, et j'ai déjà dit pourquoi. Elle donne toutefois une indication intéressante sur la limite du régime turbulent : il ne pourrait y avoir de tourbillons pour des valeurs de la vitesse V inférieures à 166ν, ou, ce qui revient au même, pour des valeurs du paramètre R de Reynolds inférieures à 166 D, puisque, pour cette valeur de R, la formule donnerait une fréquence nulle.

Appelons *limite extrapolée* de R cette valeur R_0, et comparons-la, pour chacune des épaisseurs D des lames que j'ai employées, à la plus faible des valeurs expérimentales de R relatives aux courses ayant fourni soit un bon cliché, soit un bon film de cinéma, avec des tourbillons alternés nets.

Valeurs approx. de D.	Limite extrapolée R_0.	Valeurs minima de R.
cm		
0,1	17	67
0,2	33	74
0,4	66	141
0,8	133	253

Il est bien entendu que, mon travail n'ayant pas eu pour but principal la détermination des vitesses limites du régime laminaire, chacune des valeurs minima utilisées n'est pas nécessairement la plus faible valeur de R susceptible de donner des tourbillons : en fait, elles sont très supérieures aux valeurs limites extrapolées R_0, mais rangées dans le même ordre.

On peut aussi classer, pour chacun des quatre liquides employés, les valeurs minima de R ayant réellement servi;

---

[1] Séance du 12 juillet 1926.

[2] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1375.

Liquide.	Viscosité ν.	Valeur minima de R.
Métaxylol	0,0074 à 0,0075	140
Eau pure	0,0100 à 0,0125	95
Eau sucrée ($c = 20$)	0,0190 à 0,0200	67
Eau sucrée ($c = 37,2$)	0,0449 à 0,0535	74

Enfin, le tableau à double entrée donnant les valeurs minima de R utilisées pour chaque liquide et chaque épaisseur de lame, montre bien que le paramètre de Reynolds minimum nécessaire pour obtenir des tourbillons nets doit décroître, pour D donné, quand la viscosité croît, et croître avec D, pour une viscosité donnée; les limites relatives aux clichés fixes et aux films sont distinguées par les lettres (c) et (f) :

Liquide.	D = 0cm,1.	D = 0cm,2.	D = 0cm,4.	D = 0cm,8.
Métaxylol	(f) 140	(f) 274	(f) 513	(f) 1222
Eau pure	(c) 133	(f) 184	(f) 402	?
		(c) 95	(c) 343	
Eau sucrée ($c = 20$)	(f) 98	(f) 126	(f) 239	(f) 468
	(c) 67	(c) 119	(c) 260	
Eau sucrée ($c = 37,2$)	?	(f) 74	(f) 141	(f) 253

En résumé, il ne semble pas admissible qu'une valeur unique bien déterminée du paramètre R puisse fixer la limite entre le régime laminaire et le régime turbulent, comme cela aurait lieu, d'après O. Reynolds [1], dans le cas de l'écoulement d'un liquide par un tube cylindrique.

On peut comparer ces résultats à ceux de E. F. Relf et de E. G. Richardson, dont j'ai déjà cité [2] les travaux concernant les sons éoliens. L'un et l'autre de ces auteurs ont, comme moi-même, traité accessoirement la question de la limite du régime turbulent, telle qu'elle résulte de leurs expériences.

Pour l'eau pure, Relf donne 100 ou 110 comme minimum observé du paramètre R ; les données des tableaux de Richardson permettent de calculer que son minimum de R était compris entre 73 et 82 [3] : les valeurs

---

(1) *Phil. Trans.*, **174**, 1883, p. 905. Voir à ce sujet M. Brillouin, *Leçons sur la viscosité...*, I, 1907, p. 211.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1523, et **183**, 1926, p. 20. Depuis la publication de cette dernière Note, une nouvelle lecture des premiers travaux relatifs aux tourbillons alternés déjà cités par moi m'a montré que c'est en réalité A. Mallock (*loc. cit.*, 1907) qui a vu le premier que ces tourbillons expliquent les vibrations des cordes des harpes éoliennes. Cet article semble avoir échappé à tous les auteurs que j'ai indiqués.

(3) La température de l'eau n'y est donnée qu'à 5° près.

données par ces deux physiciens encadrent donc la mienne, égale à 95.

D'autre part, pour un liquide 4 ou 5 fois plus visqueux ($\nu = 0,23$) que le plus visqueux des miens, Richardson trouve que la valeur la plus faible de R ayant donné un son éolien s'abaisse à 33 : ce nombre se place bien à la suite de ceux que j'ai indiqués ci-dessus.

Cet accord m'a paru intéressant à signaler, car les méthodes sont très différentes.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le calcul d'une poutre continue de forme quelconque lorsqu'on donne ses déformations élastiques verticales.* Note de M. **Farid Boulad Bey**, présentée par M. A. Mesnager.

On sait, dans l'étude des poutres continues, l'avantage que présente l'emploi de leurs éléments suivants : les foyers, les contre-verticales, l'équation de deux moments et les centres de correction qui sont des auxiliaires très précieux pour le calcul de ces poutres et jouent un rôle important dans leur théorie.

Or, à notre connaissance, on n'a pas encore établi les éléments auxiliaires ci-dessus d'une poutre continue de forme quelconque en connaissant seulement ses déplacements verticaux élastiques dus à une charge isolée agissant sur cette poutre considérée à une seule travée indépendante, déplacements qu'on se donne pour calculer directement les réactions de ses appuis.

Nous croyons donc utile de présenter ici brièvement, en fonction des déplacements verticaux ci-dessus et sous une forme simple et générale, les solutions de quelques questions sur les éléments précités qui sont intéressantes pour le calcul des poutres de ponts à travées coutinues.

Pour cela, considérons une poutre continue de forme quelconque reposant librement sur $(n+1)$ appuis $A_0, A_1, \ldots, A_n$ de niveau ou non et comportant n travées $l_0, l_1, \ldots, l_n$ prises suivant la droite A_0A_n supposée horizontale. Désignons par :

v_r et u_{r+1} les distances horizontales respectives de deux points correspondants quelconques F_r et F_{r+1} à l'appui correspondant A_r;

a_r et b_r les distances horizontales respectives d'un point quelconque A_r aux deux appuis extrêmes A_0 et A_n;

δ_s^k le déplacement vertical élastique d'un point quelconque A_s de cette poutre supposée reposant seulement sur ses deux appuis extrêmes et soumise à l'action d'une charge isolée $P = -1$ appliquée en un autre point quelconque A_k de cette poutre. En vertu du principe de réciprocité, $\delta_s^k = \delta_k^s$.

z_{k-1}^{k} et z_{k}^{k} les deux déplacements verticaux pris respectivement par deux points d'appui consécutifs A_{k-1} et A_k de cette poutre supposée à une seule travée indépendante A_0A_n et sollicitée par la charge extérieure appliquée sur la seule travée $A_{k-1}A_k$ et par les deux réactions qui se développeraient en ces deux points A_{k-1} et A_k limitant cette travée, si l'on supposait celle-ci indépendante et appuyée simplement en A_{k-1} et A_k;

γ_r la tangente de l'angle de dénivellation d'un appui A_r, angle dont il faudrait faire tourner la droite $A_{r-1}A_r$ pour qu'elle coïncide avec A_rA_{r+1}.

A présent, supposons cette poutre à une seule travée indépendante A_0A_n sollicitée par un système quelconque de trois forces verticales en équilibre S_{r-1}, S_r, S_{r+1} appliquées respectivement à trois points d'appui consécutifs quelconques A_{r-1}, A_r, A_{r+1} et telles que la force S_r soit descendante. Soient $A_{r-1}A'_{r-1}$, $A_rA'_r$, $A_{r+1}A'_{r+1}$ les déplacements verticaux subis par ces trois points rapportés à la droite horizontale A_0A_n.

La ligne déformée $A_0A'_{r-1}A'_rA'_{r+1}A_n$ étant un polygone funiculaire correspondant à un système de forces verticales fictives appliquées sur le tronçon $A_{r-1}A_{r+1}$, les deux portions $A_0A'_{r-1}$ et $A_nA'_{r+1}$ de cette ligne sont donc deux droites. Il en résulte la proposition ci-après, qui donne graphiquement : *la fonction de la contre-verticale* C_rV_r *de l'appui* A_r *et celle de deux points correspondants* F_r *et* F_{r+1}.

Les prolongements des deux côtés $A_0A'_{r-1}$ *et* $A_nA'_{r+1}$ *de la ligne déformée se coupent sur la contre-verticale* C_rV_r *et si* I *et* J *sont les points de rencontre respectifs des prolongements de ces deux côtés avec les verticales des deux points correspondants* F_r *et* F_{r+1}, *la droite* IJ *passe par le point* A'_r.

Pour avoir graphiquement à la fois les trois déplacements ci-dessus correspondant à la valeur $S_r = -1$ et ses équilibrantes S_{r-1} et S_{r+1}, il suffit de porter respectivement sur les verticales des deux points A_{r-1} et A_{r+1} les deux segments $A_kG_k = \delta_k^r - \delta_k^{r-1}$, $A_kH_k = \delta_k^r - \delta_k^{r+1}$ (avec $k = r-1, r, r+1$). Ensuite de tirer les droites G_kH_k pour qu'elles interceptent sur la verticale de A_r les segments cherchés $A_kT_k = A_kA'_k$.

Appelons y_{r-1}, y_r, y_{r+1} les valeurs des déplacements verticaux des trois points A_{r-1}, A_r, A_{r+1} correspondant aux valeurs suivantes des trois forces en équilibre :

$$S_{r-1} = \frac{1}{l_{r+1}}, \qquad S_r = -\left(\frac{1}{l_r} + \frac{1}{l_{r+1}}\right), \qquad S_{r+1} = \frac{1}{l_r}.$$

On a, pour la valeur de y_k (avec $k = r+1, r, r+1$),

$$A_kA'_k = y_k = \frac{1}{l_r}(\delta_k^r - \delta_k^{r-1}) + \frac{1}{l_{r+1}}(\delta_k^r - \delta_k^{r+1}).$$

A présent, si l'on pose d'une manière générale

$$\alpha_k=\frac{y_k}{a_k},\qquad \beta_k=\frac{y_k}{b_k},\qquad \Phi=\frac{1}{l_r b_{r-1}}\left(\frac{z_r^r}{b_r}-\frac{z_{r-1}^r}{b_{r-1}}\right)+\frac{1}{l_{r+1}a_{r+1}}\left(\frac{z_r^{r+1}}{a_r}-\frac{z_{r+1}^{r+1}}{a_{r+1}}\right),$$

on établit ce qui suit :

1° *L'expression de la distance de la contre-verticale* C_rV_r *à l'appui* A_r

$$A_rV_r=\frac{b_r\beta_{r+1}-a_r\alpha_{r-1}}{\beta_{r+1}-\alpha_{r-1}}\qquad \text{(elle est + dans le sens } A_rA_n).$$

2° *L'équation des distances focales* v_r *et* u_{r+1}

$$\frac{a_r}{v_r}(\alpha_{r-1}-\alpha_r)+\frac{b_r}{u_{r+1}}(\beta_{r+1}-\beta_r)-(\alpha_{r-1}+\beta_{r+1})=0.$$

3° *L'équation des deux moments* M_r *et* M_{r+1} *produits aux deux points correspondants* F_r *et* F_{r+1} *et qui disparaissent dès que les deux travées* $A_{r-1}A_r$, A_rA_{r+1} *deviennent indépendantes*

$$\frac{M_r}{v_r}(\alpha_{r-1}-\alpha_r)+\frac{M_{r+1}b_r}{u_{r+1}}(\beta_{r+1}-\beta_r)+\Phi+\gamma_r=0.$$

4° *L'expression de l'ordonnée* V_rG_r *du centre de correction* G_r *situé sur la contre-verticale* C_rV_r *et par lequel passe toujours la droite joignant les deux extrémités des ordonnées représentatives des deux moments* M_r *et* M_{r+1}

$$V_rG_r=-(\Phi+\gamma_r):(\alpha_{r-1}+\beta_{r+1}).$$

Dans un Mémoire, actuellement sous presse, nous donnerons en détail, outre la démonstration des constructions et relations ci-dessus, leur application à une partie à quatre travées continues.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Corrélation entre les protubérances et les filaments solaires. Agitation de la surface des facules.* Note de M. **Da Costa Lobo**, présentée par M. Deslandres.

Après de grandes difficultés, j'ai pu organiser à l'Observatoire astronomique de l'Université de Coïmbra un grand spectrohéliographe qui, par ses dimensions et ses caractéristiques, est identique à celui installé depuis longtemps à l'Observatoire de Meudon par M. Deslandres. Les deux appareils étant tout semblables, les épreuves solaires de l'une des stations sont complétées le mieux possible par les épreuves de l'autre station; ce qui permettra de réduire les lacunes imposées par le mauvais temps.

Nous pouvons déjà poursuivre à Coïmbra l'enregistrement des diverses couches de l'atmosphère solaire avec la raie K du calcium, et nous préparons en ce moment la seconde partie indispensable, qui est l'enregistrement avec la raie H α de l'hydrogène. De plus on a placé à dessein les appareils solaires dans le voisinage de l'observatoire météorologique et de ses appareils magnétiques enregistreurs, afin de pouvoir bien étudier les relations entre l'activité solaire et les troubles de l'aiguille aimantée. C'est ainsi que nous avons observé le 25 janvier d'importantes taches et facules sur le Soleil un peu avant de grandes perturbations magnétiques.

Deux séries d'images monochromatiques du Soleil avec la raie K_3, la première les 25 et 26 janvier, et la seconde du 9 au 16 mars, mettent en relief la correspondance entre les filaments et les protubérances. Les filaments se présentent comme étant la projection des protubérances, ou tout au moins de certaines protubérances sur le disque du Soleil.

Le 25 janvier, le secteur Sud-Est offre une protubérance dont la base est manifestement en arrière du disque. Le jour suivant, à cause de la rotation solaire, la base de la protubérance est déjà en avant, et elle se trouve dans un filament.

Dans la série du 9 au 15 mars, on rencontre dans le secteur Nord-Est une protubérance qui est en arrière du disque les 9, 10 et 11; puis, les 12, 13, 14, 15 et 16 mars, elle est en avant, liée à un filament qui augmente alors que la protubérance se réduit; le 16 mars, la protubérance est complètement plongée dans l'intérieur du contour solaire.

L'épreuve du 11 mars montre dans le secteur Sud-Ouest une facule qui traverse le bord solaire, et l'on reconnaît qu'elle dépasse en partie le bord et qu'elle est très accidentée. On peut admettre des différences de niveau de quelques milliers de kilomètres, et supposer que ces régions, où apparaissent parfois des taches, sont très agitées et sont le siège de tourbillons qui peuvent produire les taches.

PHYSIQUE. — *La courbe de fusion de l'hélium.* Note [1] de M. **W. H. Keesom**, présentée par M. D. Berthelot.

Les expériences sur la solidification de l'hélium décrites dans la Note présentée la semaine dernière, donnaient la possibilité de déterminer la courbe de fusion de l'hélium. En effet la méthode suivie était, sauf quelques

[1] Séance du 12 juillet 1926.

détails, la méthode suivie par MM. Kamerlingh Onnes et Van Gulik dans des déterminations préliminaires de la courbe de fusion de l'hydrogène. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Pression du bain d'hélium cm/Hg.	Températures degrés Kelvin.	Pression de fusion atmosphères.
77,09	4,21	140,5 [1]
40,03	3,61	109,0 [1]
20,01	3,12	81,5
9,94	2,72	62,8
5,02	2,40	48,6
2,00	2,04	35,7
1,10	1,83	29,8
0,57	1,60	27,4
0,24	1,36 (1,42)	26,5
0,057	1,13 (1,19)	25,3

Les valeurs de la température ont été déduites de la pression du bain d'hélium liquide au moyen de la formule pour les pressions de la vapeur saturée qui a été donnée dans *Leiden Comm.*, n° 147*b*. Les valeurs entre parenthèses ont été déduites de la formule, que M. Verschaffelt a donné dans *Leiden Comm.*, Suppl., n° 49.

Je renvoie à la Note précédente pour les conséquences qui se déduisent immédiatement de la forme de la courbe de fusion.

PHYSIQUE. — *Sur une relation entre la constante de la gravitation et les autres constantes fondamentales.* Note de M. **G. Darrieus**, présentée par M. de Broglie.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* du 24 novembre 1924, M. L. Décombe a signalé une curieuse relation

$$\sqrt{\varphi} = \frac{8\,\mathcal{N}^2 \mathcal{F}^2 \mathcal{R}^2 h^2}{N^4 \rho}$$

entre la constante de la gravitation $\sqrt{\varphi}$, le nombre $\mathcal{N}$ d'Avogadro, l'équivalent électrochimique $\mathcal{F}$ de Faraday, la masse atomique $N = m_H \mathcal{N}$ de l'hy-

---

(1) Ces valeurs ne sont pas aussi certaines que les autres à cause du fait que le manomètre n'a pas encore été calibré assez exactement pour ces pressions.

drogène, la constante spectroscopique de Rydberg $\mathcal{R}$, le quantum d'action h, enfin le rapport $\rho = \frac{e}{m}$ de la charge à la masse de l'électron.

Sous cette forme, la relation présente l'inconvénient de faire intervenir, directement et par les grandeurs macroscopiques N et $\mathcal{F}$, le nombre $\mathcal{N}$ d'Avogadro, qui dépend du choix arbitraire de la molécule-gramme.

Il est possible d'éliminer ce nombre en ne retenant comme constantes fondamentales que les grandeurs élémentaires irréductibles pour l'instant, e, m, m_{H}, h et c vitesse de la lumière, ce qui donne à la relation la forme encore plus simple

$$\sqrt{\varphi} = \frac{2e}{m}\left(\frac{\alpha m}{m_{\text{H}}}\right)^4$$

qui, outre les constantes fondamentales, charge élémentaire e (en unités e.s.), masses m de l'électron et m_{H} du proton, ne contient que le rapport purement numérique

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} = 7{,}29.10^{-3}$$

déjà introduit par Sommerfeld dans sa théorie de la structure fine des raies.

Quelque réserve que l'on puisse peut-être encore formuler à l'égard des hypothèses par lesquelles M. L. Décombe est parvenu à cette relation, sa forme simple et suggestive nous paraît être, outre la concordance numérique (à $\frac{1}{1000}$ près) avec les valeurs expérimentales, une présomption nouvelle en faveur de son exactitude.

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Sur la synthèse mathématique des lois de l'électrodynamique.* Note de M. **Henri Malet**, présentée par M. d'Ocagne.

Je signale que les lois électrodynamiques traduites par les équations de Maxwell, sous la forme que leur a donnée M. Lorentz, peuvent être condensées, en même temps que les récents travaux de M. Raoul Ferrier, en les deux énoncés ci-dessous. Les lois s'en déduisent en exprimant par le calcul les relations identiques qui existent entre divergences et tourbillons des vecteurs considérés.

Première loi. — *L'état électrique d'un élément de volume infiniment petit dans l'éther est caractérisé en chaque point par un vecteur perturbation* Φ *dont le champ magnétique* H *est le tourbillon et le champ électrique* E *la dérivée par rapport au temps changée de signe.*

Deuxième loi. — *Si dans la région de l'espace considéré il y a de l'électricité libre, l'état électrique dépend en outre d'une fonction* V *ou potentiel, et le champ électrique est augmenté d'un vecteur égal au gradient de* V.

Ces énoncés s'écrivent en effet

$$H = \operatorname{rot}\Phi, \qquad E = -\frac{1}{c}\frac{\partial\Phi}{\partial t} + \operatorname{grad} V.$$

Ajoutons, suivant la notation de M. Ferrier,

$$\mathcal{A} = \operatorname{div}\Phi.$$

Il vient identiquement :

$$\operatorname{div}E = -\frac{1}{e}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial t} + \operatorname{div}\operatorname{grad}V,$$

$$\operatorname{div}H = 0,$$

$$\operatorname{rot}E = -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t},$$

$$\operatorname{rot}H + \operatorname{grad}A = -\Delta\Phi.$$

Or

$$\operatorname{div}\operatorname{grad}V = -\Delta V = 4\pi\rho.$$

D'autre part

$$\frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} + \frac{1}{c}\operatorname{grad}\frac{\partial V}{\partial t}.$$

Mais, si le courant en un point est i, la densité étant ρ, la condition de continuité exprimant qu'il n'y a pas déperdition d'électricité est

$$\operatorname{div} i = -\frac{1}{c}\frac{\partial\rho}{\partial t} = -\frac{1}{4\pi c}\operatorname{div}\operatorname{grad}\frac{\partial V}{\partial t},$$

d'où l'on tire

$$4\pi i + \operatorname{rot}\mathcal{B} = -\frac{1}{c}\operatorname{grad}\frac{\partial V}{\partial t}$$

et la quatrième relation ci-dessus peut s'écrire

$$\operatorname{rot}H + \operatorname{grad}\mathcal{A} = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} - \Box\Phi + 4\pi i + \operatorname{rot}\mathcal{B}.$$

Il suffira pour retrouver les équations de Maxwell de supposer nuls *a priori* $\mathcal{A}$ (ampérien de M. Ferrier) et le vecteur $\mathcal{B}$ qui n'a jamais été considéré jusqu'ici, en même temps que d'admettre $\Box\Phi = 0$ (propagation de Φ et par suite E avec la vitesse c). Ceci revient à imposer à Φ les conditions simultanées

$$\operatorname{div}\Phi = 0, \qquad \Box\Phi = \Delta\Phi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} = 0.$$

On retombera sur les équations préquantiques de M. Ferrier en admettant les conditions simultanées

$$\text{rot}\,\Phi = 0, \qquad \Delta\Phi + \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} = 0.$$

Ces deux ordres de conditions se résument dans la condition

$$\text{rot}\,\text{rot}\,\Phi - \text{grad}\,\text{div}\,\Phi = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2}$$

ou

$$\Box\Phi + 2\,\text{grad}\,\text{div}\,\Phi = 0$$

équivalente à trois équations différentielles du second ordre en Φ_x, Φ_y, Φ_z. Compte tenu de cette relation, le système d'équations s'écrit

$$\begin{aligned}
\text{div}\,E &= -\frac{1}{c}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial t} + 4\pi\rho,\\
\text{div}\,H &= 0,\\
\text{rot}\,E &= -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t},\\
\text{rot}\,H - \text{grad}\,\mathcal{A} &= \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} + 4\pi i + \text{rot}\,\mathcal{V},
\end{aligned}$$

ce qui, pour $V = \text{const.}$, redonne le système généralisé de M. Ferrier, et pour $\mathcal{A} = 0$ les équations de Maxwell.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrographie des rayons X de grande longueur d'onde.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une précédente Note (¹) nous avons décrit une méthode applicable à la spectrographie des rayons X compris entre 20 et 150 Ångströms, limite imposée par l'absorption des écrans et la nature du réseau. La réflexion est, en effet, encore remarquablement bonne sous des angles atteignant 60° et nous avons pu, par exemple, suivre la raie $K\alpha$ du carbone jusqu'au troisième ordre ce qui correspond à une longueur d'onde de 138 Å.

Cette méthode a été appliquée au bore, préalablement fondu dans un bon vide, sur la face antérieure d'une cathode de graphite. La raie $K\alpha_2$, diffuse comme celle du carbone, a été trouvée à 73,5 Å. Dans l'une de ces

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1083.

expériences, une légère fuite s'étant déclarée dans le tube, le bore s'est oxydé et a déposé sur l'anode un sous-oxyde noir qui a donné une forte raie à 24,8 Å, fine et fortement transmise par l'écran d'or battu. Cette ligne est $K\alpha_{1,2}$ de l'oxygène. Il est à remarquer que la série K débute effectivement au bore ([1]) et que les éléments plus légers : Gl, Li, He et H ne *possèdent pas de spectre de rayons X caractéristique*.

Nous avons cherché à réaliser une cathode incandescente ne donnant pas de dépôt sur l'anode et permettant ainsi d'obtenir le spectre de n'importe quel élément. Nous y sommes parvenu en construisant une cathode de Wehnelt *chargée sur sa face postérieure*. Cette électrode a en outre l'avantage d'émettre peu de lumière, ce qui nous a permis de réduire l'épaisseur de l'écran de magnésium. Grâce à ce dispositif, nous avons pu étudier l'apparition de la série L avec le phosphore, le soufre, le fer et le cuivre.

Conformément au système d'apparition des niveaux précédemment déduit de l'étude des spectres de haute fréquence, la raie $L\alpha$ n'existe, ni pour P, ni pour S. Elle est faible pour Fe, devant débuter pour Cr. Elle est néanmoins suivie jusqu'au quatrième ordre (70 Å). Elle est très forte pour Cu (suivie jusqu'au neuvième ordre : 120 Å), par suite de l'édification des niveaux M de basse fréquence dans le groupe du fer ([2]).

([1]) La série K des éléments légers a été obtenue avec une trentaine de milliampères sous la tension constante de 800 volts. Un essai de vérification de la relation du quantum, par la mesure de la plus courte longueur d'onde du spectre continu, a échoué par suite de la forte réflexion optique de ces rayons sur le réseau et voilant la plaque jusque vers 30 Å.

([2]) Les spectres montrent parfois la présence de la raie $K\alpha$ du carbone quelle que soit la nature de la cathode. C'est le phénomène que nous avons analysé dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 927). Cette raie est tantôt due au bombardement de la fenêtre de celluloïd par les électrons diffusés par l'anode, tantôt à un film de carbone se formant au foyer. Les clichés montrent que le rayonnement du celluloïd est parfois très intense, particulièrement lorsque l'anode est au sol et la tension d'alimentation constante. Le film de carbone se formant au foyer est dû à la réduction, par les rayons cathodiques, de gaz hydrocarbonés issus du celluloïd, de la paraffine et de la picéine et *adsorbés* par l'anode. Cette raie $K\alpha$ du carbone disparaît d'ailleurs à volonté si l'on a soin de chauffer assez fortement la cathode pour que le dépôt métallique s'effectue plus rapidement que la formation du film de carbone. La cathode de Wehnelt à enduit postérieur montre, au contraire, toujours la raie $CK\alpha$, mais le film de carbone peut être maintenu assez mince pour permettre l'obtention de rayons caractéristiques intenses de l'anticathode.

L'apparition de la série M a été suivie, avec des cathodes donnant des dépôts pour les éléments Zr, Mo, Ba, Ta et W. La raie Mα n'a été trouvée pour aucun des trois premiers. Elle est au contraire très forte pour les deux autres, pour lesquels elle a pu être suivie jusqu'au septième ordre. L'étude des séries N et O des éléments lourds a enfin été commencée pour le baryum avec une cathode barytée. Trois raies d'intensité moyenne ont déjà pu être mesurées avec certitude à 48,3; 61 et 71,5 Å et semblent répondre aux combinaisons $N_{10}\,O_{4,5}$, $N'_9\,O_6$ et $N'_8\,O_6$. Ces spectres montrent que la largeur et la diffusion des raies, constatées au delà d'un angle de réflexion de 10 à 12°, ne sont pas dues à un défaut de monochromatisme des radiations de grande longueur d'onde, mais bien à l'imperfection du réseau. Par exemple, la raie Cu_2 Lα est fine et nette alors que Cu_4 Lα a le même aspect que CKα. Cet élargissement ne croît plus au delà de 50 Å.

Il est à remarquer qu'avec la dispersion utilisée, tous les spectres K, L, M ou N que nous avons obtenus dans le nouveau domaine spectral se réduisent à une ligne unique et qu'ils offrent ainsi un caractère de simplicité remarquable. *Ces raies sont intenses, aussi bien pour les éléments lourds que pour les éléments légers* et le fond continu accompagnateur est si faible que les bandes de l'émulsion photographique ne sont pas visibles (1) et qu'aucune limite d'absorption n'a encore pu être mesurée (2).

POUVOIR ROTATOIRE. — *Variation du pouvoir rotatoire des solutions de sels de quinine en fonction de leur concentration en ions hydrogène. Pouvoir rotatoire de l'asparagine et effet de sel.* Note de Mlle **J. Liquier**, présentée par M. A. Cotton.

I. J'ai indiqué précédemment (3) que le pouvoir rotatoire de la nicotine et de l'asparagine en solution varie régulièrement en fonction de leur concentration en ions H; on observe une variation analogue pour d'autres

(1) Nous avons pu observer que, contre toute attente, la raie CKα pouvait encore être décelée — quoique faiblement — au moyen d'une plaque photographique ordinaire.

(2) Nous avons montré (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 575) que la méthode des potentiels critiques, plus sensible, permettait de déceler, lorsqu'elle est judicieusement utilisée, des limites d'absorption comme CK et Au $N_{4,5}$, qui possèdent, pour les écrans usuels, la même importance relative.

(3) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 269, et 180, 1925, p. 1917.

corps actifs. Le tableau ci-dessous résume les mesures relatives aux sulfates de quinine. Le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]$ est déterminé pour les radiations $\lambda_1 = 0^\mu,578$; $\lambda_2 = 0^\mu,546$; $\lambda_3 = 0^\mu,436$ du mercure.

Sulfate basique de quinine (0,13 pour 100).

pH.	2,27.	2,50.	2,73.	2,89.	3,19.	3,61.	4,15.	4,61.
$[\alpha]_{\lambda_1}$.	−229,74	−228,71	−224,61	−224,61	−218,46	−209,23	−194,87	−167,17
$[\alpha]_{\lambda_2}$.	−261,53	−268,71	−264,61	−262,50	−257,43	−247,17	−229,74	−197,94
$[\alpha]_{\lambda_3}$.	−598,97	−605,12	−591,79	−592,82	−580,51	−541,53	−497,43	−404,10
pH.	4,72.	5,09.	5,25.	5,44.	5,77.	7,52.	7,93.	8,29.
$[\alpha]_{\lambda_1}$.	−161,02	−153,84	−149,74	−146,66	−143,58	−137,43	−134,35	−123,07
$[\alpha]_{\lambda_2}$.	−187,69	−179,48	−172,30	−168,20	−167,17	−160,00	−154,85	−143,58
$[\alpha]_{\lambda_3}$.	−378,46	−350,76	−341,53	−331,28	−325,12	−303,58	−295,38	−269,74

La courbe $\alpha = f(\text{pH})$ présente deux paliers correspondant respectivement au sulfate basique $2(C^{20}H^{24}N^2O^2).SO^4H^2$ et au sulfate neutre $C^{20}H^{24}N^2O^2.SO^4H^2$. Les constantes de dissociation relatives aux deux fonctions de la quinine, déterminées à l'aide de cette courbe, sont voisines de 2.10^{-6} et de $1,8.10^{-10}$, nombres qui correspondent très bien aux valeurs trouvées directement par Kolthoff.

II. *Solutions d'asparagine en présence de sels.* — On a depuis longtemps signalé l'influence qu'exercent les sels sur le pouvoir rotatoire de l'asparagine; nous en avons fait une étude systématique en déterminant, pour chaque quantité de sel ajoutée, la valeur de $[\alpha]$ et la valeur de la force électromotrice de la pile à hydrogène constituée à l'aide de la solution.

Nos mesures ont porté sur des solutions d'asparagine en présence de borate de sodium, acétate de sodium et surtout de sels neutres : NaCl, KCl, NaI, $CaCl^2$, SO^4K^2. Nous donnons ici les mesures relatives à l'action de KCl. Nous avons étudié trois types de solutions, choisies en trois points de la courbe $\alpha = f(\text{pH})$, qui caractérise la dissociation de l'asparagine. Pour des solutions salines, c'est-à-dire pour des solutions d'électrolytes forts, il ne peut être question de pH, mais seulement d'activité. Dans le tableau suivant, nous donnons le pH de la solution initiale d'asparagine et, pour chaque solution, la force électromotrice e de la pile à hydrogène correspondante, valeur qui mesure l'activité de l'ion H^+.

Asparagine : 2g pour 100; KCl : pg pour 100.

pH initial.	pg KCl.	e.	$[\alpha]\lambda_1$.	$[\alpha]\lambda_2$.	$[\alpha]\lambda_3$.
0,15...	0	0,257°	+29°,3	+33°,3	+58°,3
	0,49	0,263	+29,1	+33,4	+58,1
	0,99	0,257	+29,0	+33,1	+58,3
	1,98	0,257	+29,4	+33,4	+58,6
	4,97	0,256	+29,6	+33,4	+58,4
	9,94	0,255	+29,3	+33,2	+58,1
4,50...	0	0,507	— 5,4	— 6,0	— 9,1
	0,49	0,509	— 3,9	— 4,45	— 6,4
	0,99	0,510	— 2,9	— 3,3	— 4,4
	1,98	0,512	— 1,9	— 2,2	— 2,8
	4,97	0,514	+ 1,3	+ 1,7	+ 4
	9,94	0,518	+ 4,8	+ 5,5	+10,3
9,54...	0	0,801	— 8,5	— 9,6	—14,9
	0,49	0,801	— 8,25	— 9,2	—14,2
	0,99	0,801	— 8,0	— 9,0	—14,0
	1,98	0,802	— 6,9	— 7,85	—11,85
	4,97	0,802	— 5,65	— 6,3	— 9,45
	9,94	0,803	— 3,85	— 4,1	— 6,1

Il résulte de l'ensemble de nos mesures que, dans le cas des sels neutres, l'activité de l'ion H^+ reste sensiblement constante lorsque la concentration en sel augmente. Elle diminue, au contraire, si l'on ajoute à la solution un sel d'acide faible (acétate, borate). De plus si, pour l'ensemble des solutions acides ou basiques correspondant à la courbe $\alpha = f(\text{pH})$ et des solutions salines, on trace, à l'aide des courbes de dispersion, les droites de Darmois, on constate que ces droites sont concourantes. Nous en concluons que les constituants actifs des solutions qui correspondent à la courbe et des solutions en présence de sels sont les mêmes, c'est-à-dire les molécules d'une part et les différentes fractions de la molécule dissociée, d'autre part.

Dès lors, on pourrait, semble-t-il, expliquer cet effet de sel par la variation que subit la constante diélectrique de la solution lorsque la concentration en sel augmente, variation qui doit entraîner un changement du degré de dissociation du corps actif. Les propriétés optiques de ces solutions pourraient donc se rattacher à la théorie des électrolytes forts de M. Debye, récemment complétée, pour les grandes concentrations, par M. Hückel, et en constitueraient une confirmation expérimentale indirecte.

Des mesures du pouvoir rotatoire de ces solutions dans l'ultraviolet ont

été entreprises avec la collaboration de M. Descamps, pour confirmer ce point de vue. Nous étudions aussi une variation analogue du pouvoir rotatoire de l'acide aspartique sous l'influence des sels neutres.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons α par la matière.* Note (¹) de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que les rayons α sont des noyaux d'hélium en mouvement qui perdent de la vitesse en traversant la matière. La perte de la vitesse en fonction de l'épaisseur et la nature de l'écran traversé a été montrée par quelques expérimentateurs (²).

Je me suis proposé de reprendre l'étude de cette question. La méthode employée consistait à mesurer la déviation magnétique en recevant les rayons sur une plaque photographique. Comme source de rayonnement, j'ai utilisé le dépôt actif du thorium, émettant deux groupes de rayons α, dont on peut simultanément suivre le ralentissement. Le dépôt actif du thorium, en outre, a l'avantage d'avoir une période beaucoup plus longue que celle du RaC. J'ai examiné comme absorbant le mica, l'aluminium, le cuivre, l'argent, l'étain, l'or, le platine et le plomb, en feuilles de métal battu et laminé. Les métaux laminés donnent des résultats plus réguliers. Les écrans en plomb ont été plus difficiles à obtenir et les résultats sont moins satisfaisants.

Dispositif expérimental. — La source radioactive était une pièce en or, activée par la méthode du champ électrique; son rayonnement γ était équivalent à celui de 8-20 millicuries de Ra-él., au début des expériences. Cette pièce entrait dans une rainure creusée dans un cylindre de laiton ajusté au-dessous du diaphragme inférieur de l'appareil à déviation magnétique que j'ai déjà décrit (³). Les écrans pouvaient être placés sur ce petit cylindre. Ils étaient fixés par l'intermédiaire d'une petite pièce métallique. La distance entre la fente et la source était d'environ 1^{mm}. La source était couverte par l'écran seulement sur les deux tiers de sa longueur, ce qui permettait de recevoir sur la plaque photographique les faisceaux non ralentis.

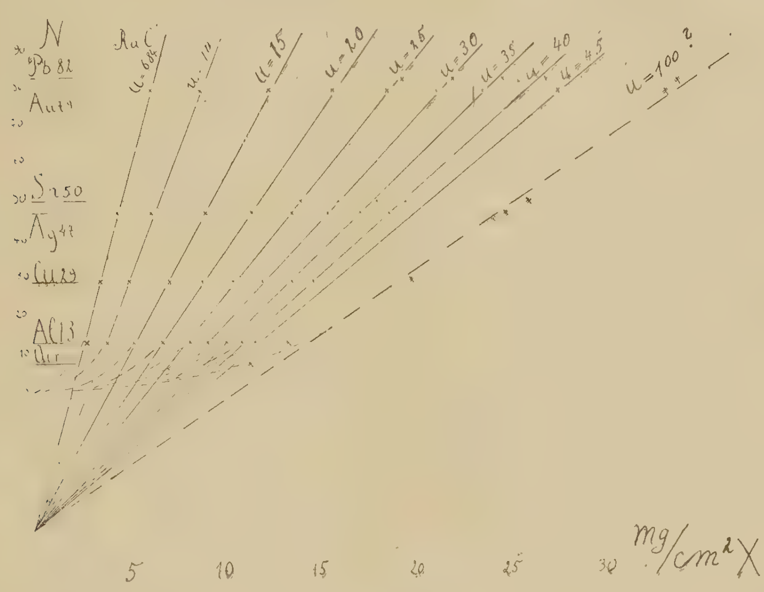
(¹) Séance du 5 juillet 1926.

(²) E. Rutherford, *Phil. Mag.*, **12**, 1906, p. 134. — H. Geiger, *Proc. Roy. Soc.*, A, **83**, 1910, p. 505. — E. Marsden et F. S. Taylor, *Proc. Roy. Soc.*, A, **88**, 1913, p. 443.

(³) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1332.

L'ordre de grandeur du champ était de 15000 gauss. La pression dans l'appareil restait en dessous de $0^{mm},01$ de mercure.

On opérait avec renversement de champ afin d'obtenir une déviation double.



Dans la figure ci-dessus on a porté en ordonnées les numéros atomiques N et en abscisses les masses superficielles en milligrammes par centimètre carré. On voit que les masses superficielles X des corps étudiés qui réduisent la vitesse des rayons α de la même fraction

$$u = \frac{\text{vitesse initiale } \alpha \text{ ThC}' - \text{vitesse restante}}{\text{vitesse initiale}}$$

(vitesse initiale des rayons α de ThC' = 100) sont une fonction linéaire de N. Toutefois il est à noter que le platine N = 78 fait une exception, se plaçant un peu plus haut que l'or N = 79. Les courbes de ralentissement des rayons α de ThC' et les tableaux numériques pour les différents absorbants seront ultérieurement donnés.

La relation assez approximative provisoire

$$\text{(I)} \qquad X = \frac{7}{9} \log\left(\frac{u+40}{40}\right)(N+36)$$

représente les résultats pour $u < 40$ et pour les métaux $N > 13$ étudiés par moi.

La photographie des faisceaux de rayons α ayant subi une perte de

vitesse $u > 40$ exige des poses très longues et les mesures des déviations des raies dues aux rayons ralentis deviennent de plus en plus incertaines par suite d'un effet d'élargissement des raies.

Comme dans la plupart des travaux relatifs aux rayons α le radium C a été utilisé comme source j'ai tracé la droite $u = 6,84$, qui indique les poids d'écran en milligrammes par centimètre carré, qui réduisent la vitesse des rayons α Th C′ à celle des rayons α de Ra C′, inférieure de 6,84 pour 100. [Comme vitesses j'adopte $1,922.10^9$ cm/sec pour Ra C′ et $2,063.10^9$ cm/sec pour Th C′)] [1].

En multipliant les nombres donnés par Rausch et von Traubenberg [2] comme parcours des rayons α de Ra C′ dans les différents métaux par les poids spécifiques correspondants et en ajoutant les nombres donnés par la droite $u = 6,84$ j'ai indiqué dans la figure la courbe hypothétique $u = 100$. On voit que la relation linéaire n'est probablement plus valable pour les petites valeurs de N. (L'air interviendrait avec une valeur $8 > N > 7$.)

On pourrait prévoir une relation plus générale

$$x = k \log\left(\frac{u + k'}{k'}\right)\left(N + K'' - \frac{k''}{N + 1}\right) \qquad \text{(II)}$$

qui se confondrait avec la relation (I) pour les valeurs élevées de N. Le ralentissement dans les écrans gazeux sera ultérieurement étudié.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous étendons aujourd'hui aux corps composés l'étude de l'absorption des rayons β par la matière, étude que nous avions jusqu'ici [3] appliquée aux corps simples et principalement aux métaux. Quelques corps composés se laissent cliver ou fondre en lames analogues à des lames métalliques. Pour les autres nous avons employé des méthodes expérimentales légèrement différentes :

---

(1) *Bull. of Nat. Research Council*, 10, Part 1, 1925, p. 68.

(2) Rausch et von Traubenberg, *Zeit. für Phys.*, 2, 1920, p. 268.

(3) Georges Fournier, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 284 et 1490; 183, 1926, p. 37. — Mme J.-S. Lattès et Georges Fournier, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 835 et 1135.

1° Méthode des cuvettes à fond mince pour les corps solides pulvérisés [1];

2° Méthode des cuves de verre à faces parallèles et à parois minces pour les liquides;

3° Méthode indirecte des solutions de différentes concentrations pour les sels solubles dans l'eau.

Résultats. — Soit $A^m B^n$ un corps composé. Soient $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_A$ et $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_B$ les coefficients massiques d'absorption des rayons β du RaE, respectivement dans les éléments A et B, calculés d'après la loi [2]

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0{,}142\,N$$

[à l'exception du soufre, seul corps simple anormal, pour lequel nous prendrons le coefficient observé 18,53 [3]]. Soient enfin P_A et P_B les masses atomiques des éléments A et B, et $M = mP_A + nP_B$ la masse moléculaire du corps composé envisagé.

Nous appellerons *normaux* les corps composés dont le coefficient massique d'absorption vis-à-vis des rayons β du RaE est très voisin de celui que l'on peut calculer par la loi d'additivité suivante :

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{mP\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_A + nP_B\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_B}{M}.$$

(Au cas où le corps composé renferme l molécules d'eau, le coefficient est calculé en attribuant au corps la formule $A^m B^n H^{2l} O^l$).

Les résultats concernant 26 corps composés sont réunis dans le tableau suivant :

Corps étudiés.	Forme sous laquelle le corps a été étudié.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.	$\frac{\mu}{\rho}$ obs.	Écart. Signe.	Écart. Valeur p. 100.
	Normaux.				
SiO^2	lames de quartz	16,5	16,3	—	1
MnO^2	en poudre	17,7	17,8	+	< 1
MgO	»	16,5	16,5		0
Al^2O^3	»	16,5	16,8	+	< 2

(1) Georges Fournier, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 37.
(2) *Ibid.*, 180, 1925, p. 284.
(3) *Ibid.*, 183, 1926, p. 37.

Corps étudiés.	Forme sous laquelle le corps a été étudié.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.	$\frac{\mu}{\rho}$ obs.	Écart Signe.	Écart Valeur p. 100.
	Normaux (suite).				
BO^3H	en poudre	16,0	16,2	+	1
KBr	»	19,2	19,2		0
NO^3Na	fondu en lames	16,2	16,2		0
NO^3K	»	16,7	compatible		
SO^4HK	»	16,8	16,9	+	$\leqq 1$
Naphtaline	»	15,8	15,8		0
Acide picrique	en poudre	16,0	15,9	—	< 1
CCl^4	liquide	17,3	17,1	—	1
CS^2	»	18,1	18,2	+	< 1
	Anormaux proprement dits.				
H^2O	liquide	16,0	17,4	+	9
ZnS	en poudre	17,0	19,4	+	14
CaF^2	»	17,1	19,3	+	13
$Fe(CN)^6K^4$	»	17,0	21,7	+	28
Urée	»	16,0	17,6	+	10
Camphre	fondu en lames	15,8	17,3	+	10
	Anormaux par l'eau de constitution.				
$SO^4Ca, 2H^2O$	gypse clivé	16,7	18,2	+	10
Acide oxalique ($2H^2O$)	en poudre	16,0	17,3	+	8
$As^2S^3, 6H^2O$	»	18,7	21,0	+	12
Alun de potassium ($24H^2O$)	»	16,4	18,7	+	14
	Anormaux par dissolution dans l'eau.				
KBr	dissous dans l'eau	19,2	tendant vers la valeur calculée (pour la fin des courbes, c'est-à-dire pour les solutions concentrées).		
KI	»	21,4			
NaBr	»	19,2			
NaI	»	21,6			

Conclusions. — Dans ce tableau nous pouvons remarquer que :

1° L'anomalie du soufre se conserve très nettement dans le sulfure de carbone ;

2° Dans tous les cas où il y a écart avec la loi d'additivité, le coefficient observé est *plus grand* que le coefficient calculé d'après cette loi ;

3° Tous les corps composés contenant de l'eau de constitution sont anormaux et semblent l'être d'autant plus qu'ils renferment plus d'eau.

Les résultats relatifs aux corps en solution aqueuse donnent une indication dans le même sens. L'eau elle-même est anormale.

En résumé la loi d'additivité semble valable pour les composés anhydres, à l'exception de ceux qui renferment certains groupements anormaux.

PHOTOCHIMIE. — *Expériences sur la solarisation photographique.* Note [1] de M. **Henri Belliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente Communication [2], j'ai décrit une expérience qui distingue la solarisation de l'inversion par les radiations rouges, en montrant que le second phénomène est une régénération de la substance sensible. Une seconde distinction est établie par la propriété suivante : *La solarisation est accompagnée de noircissement direct par la lumière.*

Réalisons sur trois plaques des clichés solarisés identiques; l'un d'eux est développé et fixé, un autre est fixé sans développement, le troisième est laissé tel quel. On compare le premier, soit au troisième à la lumière rouge, soit au second examiné par réflexion à la lumière ordinaire. On constate alors que, sur les deux derniers clichés, des régions noircies directement par la lumière correspondent aux régions solarisées sur le cliché développé. Aucun phénomène analogue n'accompagne l'inversion par le rouge et l'infrarouge.

Pour préciser la correspondance du noircissement direct avec la solarisation, j'ai enregistré au microphotomètre Lambert et Challonge trois clichés du spectre de l'arc au charbon posés 34 minutes 8 secondes $= 2^{11}$ secondes, qui avaient été : le premier, développé et fixé (I); le second, fixé sans développement (II); le troisième, fixé sans développement, puis renforcé à l'iodomercurate de potassium (III).

On constate sur les courbes obtenues (*fig.* 1) :

1° La correspondance des groupes de raies de $0^{\mu},416$ à $0^{\mu},422$ et de $0^{\mu},385$ à $0^{\mu},388$ (raies dites du cyanogène) sombres sur fond clair sur les clichés non développés (courbes II et III) et claires sur fond sombre sur le cliché développé (courbe I);

2° La correspondance du maximum de solarisation et des maxima de noircissement direct pour la longueur d'onde $0^{\mu},476$.

---

(1) Séance du 5 juillet 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1609.

Courbes de noircissement. — On peut aussi tracer les courbes de noircissement pour une longueur d'onde donnée, en fonction du temps de pose. Sur une même plaque on a pris parallèlement des clichés du spectre de l'arc au charbon pour des temps de pose échelonnés en progression géométrique de 32 secondes $= 2^5$ secondes à 34 minutes 8 secondes $= 2^{11}$ secondes. La plaque a été développée, et pour la longueur d'onde du maximum de solarisation ($0^{\mu},476$) on a mesuré, au microphotomètre Fabry et Buisson, la densité de chaque cliché; la courbe A (*fig.* 2) représente la variation de la

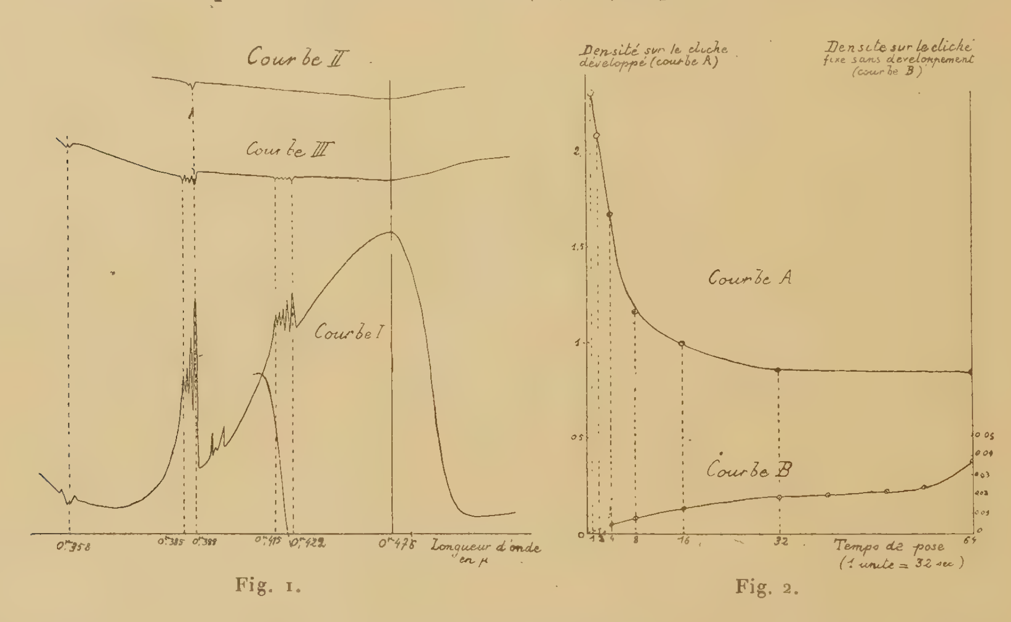


Fig. 1.

Fig. 2.

densité en fonction du temps de pose; elle est constamment décroissante.

Une autre plaque impressionnée de la même manière, mais fixée sans développement, a été enregistrée perpendiculairement à la direction des spectres, pour la longueur d'onde $0^{\mu},476$, au microphotomètre Lambert et Challonge; le fond de la plaque donne une droite horizontale dans laquelle chaque spectre produit une encoche; de la hauteur de chaque encoche, on peut déduire la différence de densité avec le fond, ce qui permet de tracer la courbe B, tout au moins pour les temps de pose les plus élevés (à partir de 2 minutes 8 secondes). On obtient une courbe constamment croissante.

Maximum de solarisation. — Le maximum de solarisation peut être interprété comme la manifestation d'une sensibilité plus grande de la plaque pour une certaine longueur d'onde. Il faut toutefois tenir compte de ce que l'énergie lumineuse augmente, et la dispersion du spectroscope diminue

quand on se déplace du violet vers le rouge. La position du maximum de solarisation, qui ne varie pas avec le temps de pose lorsque la source reste constante, varie pour le même temps de pose lorsqu'on change la nature ou le mode de fonctionnement de la source. Enfin, on sait que pour les temps de pose normaux, l'impression photographique est aussi maximum pour une certaine longueur d'onde.

Afin de comparer les deux maxima et d'éliminer dans une certaine mesure l'influence de la répartition de l'énergie dans le spectre, on a réalisé dans les mêmes conditions, sur une même plaque, les clichés suivants :

1° Sur une portion vierge, un cliché non solarisé posé pendant un temps extrêmement court;

2° Chevauchant sur une région préalablement solarisée et une région vierge, un cliché posé pendant une demi-heure.

Cela donne trois clichés dont les enregistrements photométriques ont montré :

1° Qu'en solarisant préalablement on déplace le maximum de solarisation vers le violet (de $0^{\mu},470$ à $0^{\mu},473$);

2° Que ce maximum correspond à une longueur d'onde inférieure à celle du maximum d'impression normale ($0^{\mu},475$).

Le noircissement pour les temps de pose normaux et la solarisation sont maxima pour deux longueurs d'onde voisines mais distinctes, la première étant plus grande que la seconde.

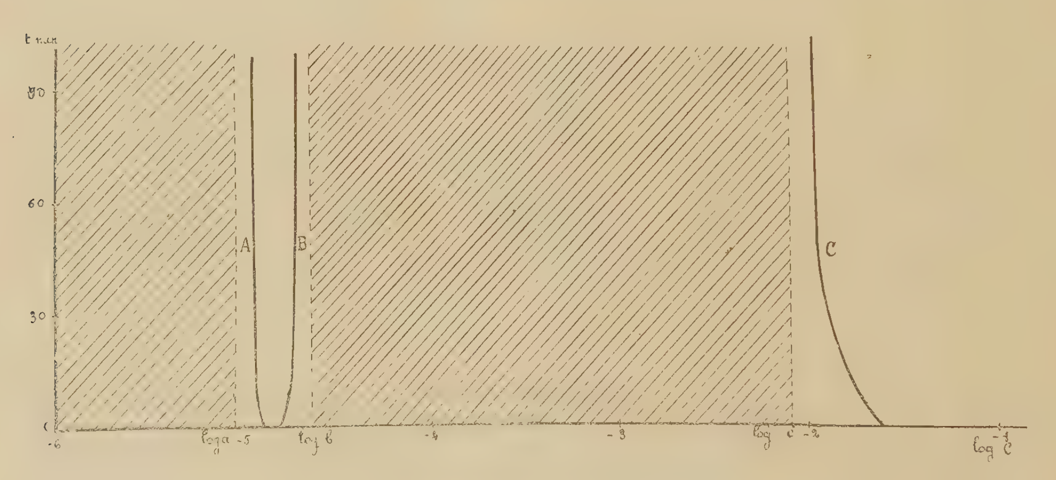
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de deux zones d'instabilité dans la floculation de certaines suspensions par les électrolytes à cations tri et tétravalents.* Note (¹) de M. A. **Boutaric** et Mlle G. **Perreau**, présentée par M. D. Berthelot.

1. Si l'on étudie comment varient les durées t de floculation d'une suspension de gomme-gutte en fonction des concentrations C en chlorure d'aluminium réalisées dans la suspension en en mélangeant un certain volume avec un volume égal d'une solution titrée de $AlCl^3$, on est amené à reconnaître l'existence de deux zones de floculation. Pour une suspension de gomme-gutte à $0^{g},435$ par litre, l'une de ces zones était constituée par les concentrations comprises entre 7.10^{-6} N et 24.10^{-6} N, l'autre par les con-

(¹) Séance du 12 juillet 1926.

centrations supérieures à 5.10^{-3} N. Aucune floculation ne se produisait d'une part, pour les concentrations comprises entre 23.10^{-6} N et 5.10^{-3} N et d'autre part pour les concentrations inférieures à 7.10^{-6} N. Les résultats ont été représentés sur la figure. Afin de pouvoir les porter sur le même graphique, on a pris comme abscisses, non les concentrations elles-mêmes, mais leurs logarithmes; les régions couvertes de hachures sont celles pour lesquelles aucune floculation ne se produit.

2. Lorsqu'on étudie la floculation de suspensions de gomme-gutte de plus en plus concentrées, on constate que les branches A et B se déplacent vers la région des fortes concentrations en $AlCl^3$, la branche C vers la région des faibles concentrations. Les branches B et C se rapprochent; pour une concentration suffisante de la suspension, elles se rejoignent en donnant un maximum dont l'ordonnée diminue de plus en plus et finit par devenir nulle.



3. Pour des suspensions ayant même concentration en gomme-gutte, mais constituées par des grains de grosseur différente, on constate qu'un grossissement des granules a pour effet principal d'écarter les branches B et C, c'est-à-dire d'augmenter l'étendue de la zone de non-floculation qu'elles limitent.

4. A partir d'une même suspension primitive A, nous avons préparé : 1° une suspension B_0 obtenue en dédoublant avec de l'eau la suspension A; 2° des suspensions B_1, B_2, B_3, obtenues en ajoutant à 100^{cm^3} de la suspension A, 100^{cm^3} d'une solution électrolytique contenant des quantités q_1, q_2, q_3 de différents électrolytes. Les électrolytes étudiés ont été : H^2SO^4, HCl, KCl, $BaCl^2$, KOH.

L'influence de faibles teneurs en H^2SO^4 se traduit par un déplacement des branches A et C vers la région des faibles concentrations et de la branche B vers la région des fortes concentrations. Pour une même concentration de $AlCl^3$, les durées de floculation diminuent sur les trois branches lorsque augmente la teneur en H^2SO^4. A partir d'une certaine teneur en H^2SO^4, les branches B et C se rejoignent de manière à constituer une branche unique présentant un maximum; si la teneur en H^2SO^4 continue à croître, ce maximum s'atténue et la courbe de floculation se réduit finalement à la seule branche A; la floculation devient instantanée pour toutes les concentrations supérieures au point de raccordement de la branche A avec l'axe des abscisses.

La présence de HCl ou de KCl produit un effet analogue.

La présence de $BaCl^2$ entraîne un déplacement des branches A et B vers la région des faibles concentrations et de la branche C vers la région des fortes concentrations.

La présence de KOH a pour effet de déplacer les branches A et B vers la région des fortes concentrations.

5. Nous avons retrouvé un réseau de courbes analogue dans la floculation de suspensions de gomme-gutte par les sels de cérium, de chrome (sels chromiques), de fer (sels ferriques), de thorium. Dans le cas du cérium, les courbes A et B sont très rapprochées et les concentrations limites a et b ont des valeurs très voisines. Avec le cérium et le chrome, la courbe C, après avoir touché l'axe des abscisses, se relève, passe par un maximum et s'abaisse à nouveau pour devenir tangente à l'axe des abscisses; quand la concentration en sels de cérium ou de chrome croît à partir de la valeur c, la durée de floculation décroît, s'annule, croît, passe par un maximum, puis décroît pour devenir et rester nulle.

6. Les suspensions de résine-mastic donnent, avec les sels précédents, des courbes de floculation ayant la même allure générale que celles fournies par les suspensions de gomme-gutte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Miscibilité des mélanges hydro-alcooliques quaternaires.* Note (¹) de M. P. Brun, présentée par M. G. Urbain.

Au cours de l'étude que nous poursuivons des mélanges hydro-alcooliques, nous avons été conduit à envisager le cas des mélanges de quatre liquides.

(¹) Séance du 5 juillet 1926.

Nous avons donc étudié les mélanges d'eau et d'alcool éthylique avec deux autres alcools, non miscibles avec l'eau, l'alcool isobutylique et isoamylique.

Pour représenter les propriétés de ces mélanges quaternaires, nous avons adopté la figuration tétraédrique. Chaque sommet du tétraèdre correspond à un constituant pur; sur chaque face sont tracées les courbes de miscibilité des quatre combinaisons de trois liquides que l'on peut envisager. Chaque point enfin, situé à l'intérieur de l'espace limité par ces quatre triangles équilatéraux, correspond à la composition d'un mélange des quatre liquides. La figure ci-contre représente les résultats de notre étude. La face Aam-Ab-Ae correspond à un mélange entièrement miscible des trois alcools considérés. L'équilibre du mélange eau-alcool éthylique-alcool isoamylique, étudié par M. Fontein [1], à 0°, sera représenté par la courbe β, C_1, γ, tracée sur la face E-Ae-Aam; le mélange eau-alcool isobutylique-alcool éthylique, étudié antérieurement par nous [2], sera représenté par la courbe α-C_2-δ, que nous avons tracée sur la face E-Ae-Ab. L'étude de la face E-Ab-Aam, correspondant aux mélanges de l'eau et des deux alcools supérieurs, nous montre qu'elle est partagée, par les courbes $\alpha\beta$ et $\gamma\delta$, en deux zones de miscibilité, séparées par une zone de non-miscibilité.

Voici les valeurs en poids pour 100 que nous avons trouvées pour quelques points des courbes $\alpha\beta$ et $\gamma\delta$:

I. — *Courbe* $\alpha\beta$.

Eau	88,00	92,25	95,00	95,5	96,05
$iC^5H^{11}OH$	0,00	1,94	2,50	3,20	3,95
iC^4H^9OH	12,00	5,81	2,50	1,30	0,00

II. — *Courbe* $\gamma\delta$.

Eau	18,00	15,50	12,00	10,75	8,70	9,10	9,00
$iC^5H^{11}OH$	0,00	7,95	21,08	44,62	63,82	79,98	91,0
iC^4H^9OH	82,0	76,55	66,92	44,62	27,48	10,92	0,0

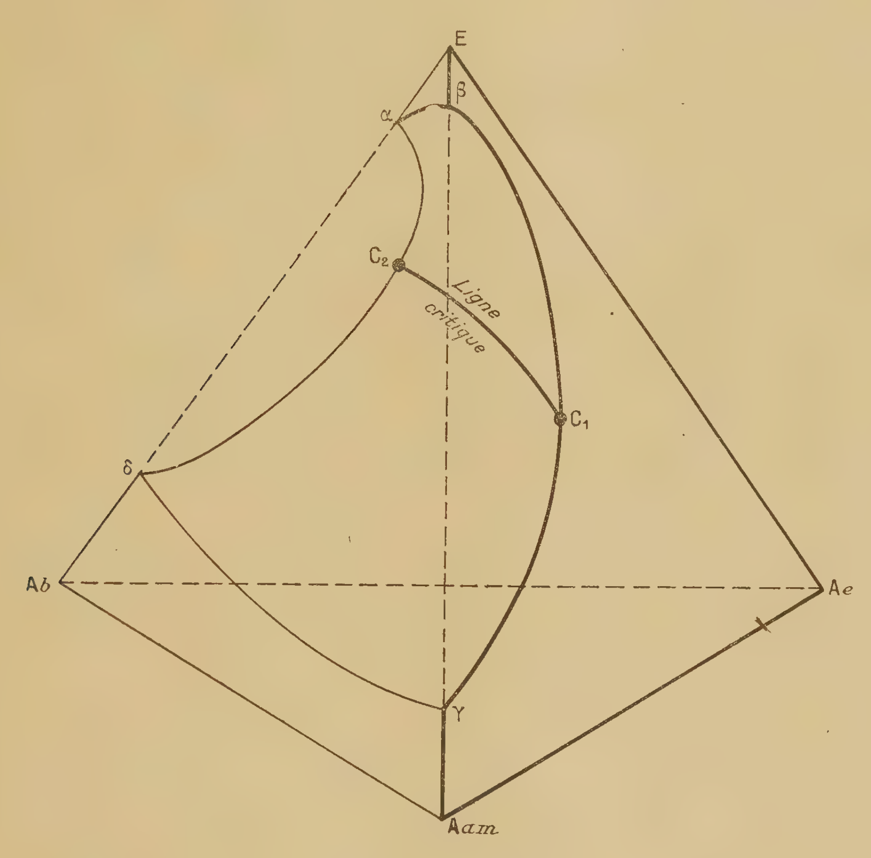
L'étude du tétraèdre limité par ces faces nous le montre partagé en deux solides. La courbe de miscibilité des mélanges ternaires devient une nappe, la nappe de miscibilité [α, β, C_1, γ, δ, C_2, α].

Tout point pris sur cette nappe correspond à un mélange qui est à la limite

(1) Fontein, *Zeits. f. phys. Ch.*, **173**, 1910, p. 212.

(2) P. Brun, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1747.

de miscibilité; tout point pris à l'intérieur du solide limité par la nappe et la surface [α, β, γ, δ] correspond à un mélange quaternaire non miscible à la température considérée; tout point pris dans l'autre portion du tétraèdre correspond à un mélange miscible.



Les valeurs des quatre courbes qui limitent la nappe de miscibilité ont été données par M. Fontein pour la portion [β, C_1, γ], par nous, pour les portions [α, C_2, δ] et [αβ] et [γδ]. Voici, en outre, les valeurs trouvées (pour 100) pour quelques points sur la nappe :

Eau	53,08	27,96	24,85	48,05
$iC^5H^{11}OH$	8,79	16,62	33,79	16,60
iC^4H^9OH	18,69	35,48	16,35	8,44
C^2H^5OH	19,43	19,94	24,95	26,90

Enfin le point critique de miscibilité, que nous avions étudié dans le cas des mélanges ternaires, devient, dans le cas des mélanges quaternaires, une

courbe critique de miscibilité : c'est la courbe $C_1 - C_2$, située sur la nappe, et qui joint les points critiques des mélanges ternaires correspondants. Nous nous proposons maintenant de déterminer cette courbe critique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les tartrates de pyridine et de quinoléine.* Note [1] de M. **Pariselle**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude polarimétrique de la neutralisation de l'acide tartrique par une base forte, en solution étendue, donne comme courbe représentative du pouvoir rotatoire moléculaire en fonction de la teneur en alcali, une droite qui part du pouvoir rotatoire de l'acide pour arriver à celui du tartrate neutre, lequel est sensiblement indépendant de la nature de la base. La courbe donnant la dispersion rotatoire entre les mêmes limites est, par suite, un arc d'hyperbole équilatère ; elle part de la dispersion de l'acide tartrique (1,19 pour les raies jaune et bleue du mercure), et atteint celle du tartrate neutre (1,79). Au delà, ces deux courbes deviennent parallèles à l'axe des concentrations en alcali.

Ces courbes ne présentant aucune particularité pour l'abscisse correspondant à une molécule de base pour une d'acide, il faut en conclure que les tartrates acides n'ont pas d'existence propre en solution : une solution d'acide tartrique incomplètement neutralisée ne renferme que des ions tartriques divalents et des molécules non dissociées. Ainsi se trouve expliquée l'égalité des chaleurs de neutralisation des deux fonctions acides.

Pour généraliser ces résultats, j'ai étudié par le même procédé la neutralisation de l'acide tartrique par les bases pyridiques, et j'ai cherché à isoler les sels correspondants [2] qui ne sont pas mentionnés dans la littérature chimique.

1° Dans le cas d'un mélange d'eau et de pyridine, la courbe du pouvoir rotatoire moléculaire, en fonction de la concentration en pyridine, s'élève encore presque linéairement et présente un coude brusque (à 6°,7 pour la raie jaune du mercure), pour deux molécules de pyridine et une d'acide; après quoi la montée est très lente et l'on atteint un maximum (7°,3) pour une proportion de pyridine (57 pour 100) qui correspond sensiblement à

---

[1] Séance du 12 juillet 1926.

[2] Les travaux de Pribram (*B. d. D. Ch. Ges.*, 20, 1887, p. 9), et ceux de Grosemann et Wieneke (*Zeit. f. phys. Ch.*, 54, 1905, p. 414), relatifs au pouvoir rotatoire de l'acide tartrique en présence de pyridine, sont très incomplets.

l'azéotrope du binaire eau-pyridine. La courbe redescend ensuite lentement, et après un nouveau coude assez brusque, elle aboutit au pouvoir rotatoire moléculaire de l'acide en solution dans la pyridine pure (3°,5).

La courbe de dispersion se superpose presque exactement à celles obtenues avec les bases alcalines. Partie de 1,19, elle s'élève jusqu'à 1,79 puis reste horizontale; ce n'est que pour des solutions très concentrées en pyridine (au delà de 65 pour 100) que la dispersion s'abaisse pour atteindre 1,17 en milieu anhydre.

Là encore on peut conclure que le tartrate acide de pyridine n'existe pas en solution; seul le tartrate neutre est mis en évidence par les deux courbes et la comparaison avec les sels alcalins montre qu'il est complètement dissocié en milieu aqueux, sauf pour les fortes concentrations en pyridine. Comme dans beaucoup d'autres exemples, on peut remarquer que le solvant pyridine produit une exaltation du pouvoir rotatoire.

En cherchant à isoler les tartrates de pyridine à l'état cristallisé, je n'ai pu obtenir que le tartrate acide, quelles que soient les proportions d'acide et de base mises en présence. C'est un corps très bien cristallisé, très soluble dans l'eau et qui fond vers 150°. En solution aqueuse, il se comporte comme un mélange d'acide et de tartrate neutre et il a un pouvoir rotatoire moléculaire qui, pour la raie jaune du mercure, varie de 4°,6 à 5°,1 selon la concentration; sa dispersion invariable est égale à 1,67. En solution dans le crésol son pouvoir rotatoire moléculaire est de 7°,5 et sa dispersion de 1,8.

2° Dans le cas de la quinoléine, les courbes sont tout à fait analogues aux précédentes mais ne peuvent être tracées dans la partie moyenne, cette base n'étant miscible à l'eau que partiellement. Si l'on s'en tient à la courbe du pouvoir rotatoire moléculaire, le premier tronçon présente un coude dont l'ordonnée n'est que de 5°,5; le tartrate neutre de quinoléine n'est donc pas complètement dissocié en solution aqueuse; quant au second tronçon, il aboutit à une valeur négative (− 1°,7) : le tartrate de quinoléine est donc lévogyre en solution quinoléique.

Ici encore je n'ai pu isoler à l'état cristallisé que le tartrate acide de quinoléine; il se présente sous la forme de cristaux fondant vers 122°. Peu soluble dans l'eau, il présente dans ce liquide un pouvoir rotatoire moléculaire de 3°,9 (raie jaune du mercure) et une dispersion de 1,60. En solution dans le crésol, son pouvoir rotatoire moléculaire atteint 9°,7.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau dosage colorimétrique du nickel.* Note de M. A.-P. Rollet, présentée par M. Gabriel Bertrand.

M. Feigl [1] a signalé qu'en oxydant au moyen du bioxyde de plomb en liqueur alcaline le précipité que donne la diméthylglyoxime avec un sel de nickel, il se forme une solution douée d'une belle coloration rouge.

En voulant appliquer ce mode opératoire en vue du dosage colorimétrique de petites quantités de nickel je me suis heurté à de nombreuses difficultés; comme de trop longs détails ne sauraient trouver place ici, je ne cite que l'influence de la chaleur qui diminue souvent de façon sensible la coloration due au nickel.

L'emploi à froid des hypochlorites (ou des hypobromites) alcalins m'a semblé éviter beaucoup des inconvénients de la méthode proposée, mais non mise au point par M. Feigl. La coloration obtenue tire davantage sur l'orangé mais elle évolue lentement à la température ordinaire (très vite à chaud), et au bout de deux jours elle est devenue semblable à celle donnée par l'emploi du bioxyde de plomb. Cette évolution cependant n'est pas assez rapide pour qu'il soit possible de déceler une variation sensible de teinte durant les deux premières heures qui suivent la préparation.

Les meilleurs résultats m'ont été donnés par le mode opératoire suivant: En l'absence complète de cobalt et de cuivre la solution à analyser est traitée par l'eau de brome jusqu'à ce que subsiste un très faible excès de brome libre. On ajoute une petite quantité d'ammoniaque de façon à absorber tout le brome, et enfin quelques gouttes d'une solution alcoolique de diméthylglyoxime. La coloration est produite après 1 ou 2 minutes.

En examinant l'essai sous une épaisseur de liquide de l'ordre du centimètre, on peut très facilement mettre en évidence $0^{mg},0005$, soit $\frac{1}{2000}$ de milligramme de nickel dilué dans 1^{cm^3}. Dans un volume plus grand de solution permettant un examen plus aisé on perçoit encore moins de $0^{mg},015$ de Ni dans 100^{cm^3}.

L'emploi d'un colorimètre permet de réaliser d'assez bons dosages si le témoin est préparé simultanément [2] et s'il a sensiblement la même concentration que l'essai il est possible de doser le nickel avec une erreur relative

---

(1) *Berichte*, 57, 1924, p. 758.

(2) L'essai et le témoin ne doivent pas avoir été préparés à plus d'une ou deux heures d'intervalle.

qui peut être inférieure à 5 pour 100 entre les limites de $0^{mg},001$ et de $0^{mg},01$ de Ni par centimètre cube de solution.

Voici quelques applications de ce mode de détermination de petites quantités de nickel.

I. *Sels de cobalt.* — Il est préférable de laisser le cobalt en solution sous forme de complexe comme le cobalticyanure de sodium. En comparant l'essai avec une partie de la solution non traitée par la diméthylglyoxime on décèle facilement $0^{mg},01$ de Ni par gramme de cobalt, soit $\frac{1}{100000}$ (¹). Dans le cas du dosage au colorimètre, si la quantité de nickel est très petite (inférieure à 1^{mg} par gramme de Co), la coloration jaune du cobalticyanure fausse les résultats. Il suffit alors d'interposer devant l'œil un écran jaune constitué de préférence par une épaisseur de quelques millimètres d'une solution concentrée de cobalticyanure; l'égalisation des plages se fait alors facilement. L'emploi d'un spectrophotomètre m'a donné de bons résultats (erreur réduite jusqu'à 2 pour 100 et même moins) par la mesure de l'absorption dans une région du spectre voisine de $0^{\mu},55$.

II. *Aciers du nickel.* — Le précipité d'hydroxyde ferrique tend à entraîner le nickel, aussi faut-il prendre soin de former la coloration en même temps que le précipité, c'est-à-dire d'ajouter la diméthylglyoxime avant l'ammoniaque. Après agitation l'examen du filtrat m'a toujours montré la présence de la totalité du nickel. Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec des aciers au chrome à 15 pour 100 de Cr et 1 pour 100 de Ni.

III. *Nickel dans les substances organiques.* — Les récents travaux de MM. G. Bertrand et Mâchebeuf (²) ont montré la présence du nickel dans le règne animal. J'ai voulu voir si ma méthode est susceptible de s'appliquer à ce genre de détermination.

Un essai a porté sur une partie des cendres provenant de 500^{g} de foie de bœuf. Le résultat ($0^{mg},145$ de Ni par kilogramme de foie frais ou $0^{mg},400$ par kilogramme de foie sec) se trouve être très voisin des chiffres donnés par MM. G. Bertrand et Mâchebeuf.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'action des solutions salines sur les métaux ferreux.* Note de M. **René Girard**, présentée par M. Rateau.

Dans une Note précédente (³) nous avons exposé les résultats obtenus par l'action des solutions de chlorure de sodium sur l'acier et sur les fontes. Les mêmes métaux ont été attaqués suivant la même technique dans diverses

(¹) Il est presque inutile de dire que dans ces conditions je n'ai pas pu trouver un sel de cobalt complètement exempt de nickel. Cependant il m'a été possible de purifier du cobalt jusqu'à obtenir une réaction franchement négative.

(²) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1380, et **182**, 1926, p. 1305.

(³) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 552.

solutions de sels à des concentrations voisines de celles où ils sont contenus dans l'eau de mer.

I. *Action des solutions de chlorure de magnésium.* — Concentration : 3g par litre.

a. Ces solutions sont aussi agressives que les solutions de chlorure de sodium à 20g par litre.

b. Les fontes ont toujours été moins attaquées que l'acier. En solution désaérée comme en solution aérée, les attaques sont régulières. L'influence accélératrice de l'aération est très nette.

II. *Action des solutions de sulfate de magnésium.* — Concentration : 1g,75 par litre.

Les résultats sont les mêmes que dans le cas précédent, et il n'y a aucune tendance à l'enrouillement avec ces sels de magnésium, qui sont donc très actifs.

III. *Action des solutions de sulfate de calcium.* — Concentration : 1g,8 par litre.

Les expériences ont été prolongées pendant six mois.

a. En solution aérée, l'attaque de l'acier est progressive, sans formation de revêtement protecteur : il y a corrosion. Par contre, il se forme sur les fontes une couche protectrice comme dans le cas du chlorure de sodium, mais plus lentement.

b. En solution désaérée, l'attaque de l'acier tend à se stabiliser : il y a enrouillement. La fonte, comme toujours, s'enrouille plus rapidement. Sa perte de poids est les deux tiers environ de celle de l'acier.

Conclusions. — Ces résultats confirment l'aptitude des fontes à l'enrouillement partiellement protecteur et l'aptitude de l'acier à la corrosion destructive. Ils attirent l'attention sur l'influence de la nature des sels et de l'aération pour l'adhérence des produits de corrosion formés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur les éthers glycidiques.* Note de Mlle **Bardon** et Mme **Ramart**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les éthers glycidiques possèdent à la fois une fonction éther-sel et une fonction oxyde-d'éthylène, on devait donc s'attendre à ce que ces composés puissent donner, sous l'action des organomagnésiens, et suivant les conditions de l'expérience, soit un glycol, si le complexe magnésien réagit sur les

deux fonctions, soit un alcool oxyde d'éthylène, soit encore un éther-alcool, selon que l'une ou l'autre des deux fonctions a une prédilection pour le réactif de Grignard. C'est ce qui se passe, par exemple, avec l'oxyde de propylène acétophènone : le bromure de phénylmagnésium ne réagit pas sur le complexe oxyéthylénique, mais, sur la fonction cétone en donnant un alcool oxyéthylénique (1).

D'autre part, si la place occupée par la fonction alcool provenant de l'action du magnésien sur le groupe carboxéthyle est fixée, il n'en est pas de même en ce qui concerne la fonction alcool formée aux dépens du complexe oxyéthylénique. L'oxhydrile peut en effet être situé en α ou en β vis-à-vis de la fonction éther-sel.

Dans la présente Note, nous exposerons l'action des dérivés organo-magnésiens sur l'éther diphénylglycidique.

D'après ce que nous avons dit, on pouvait envisager pour le glycol l'une ou l'autre des formules

$$(C^6H^5)^2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}\begin{matrix} R \\ R \end{matrix} \qquad \text{I.}$$

$$\begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ R \end{matrix}\!\!>\! C - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}\begin{matrix} R \\ R \end{matrix}. \qquad \text{II.}$$

Pour l'éther-alcool, il pouvait se former l'un ou l'autre des composés

$$(C^6H^5)^2 = \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} - COOC^2H^5, \qquad \text{III.}$$

$$(C^6H^5)^2 = \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - COOC^2H^5, \qquad \text{IV.}$$

Action de l'iodure de méthylmagnésium. — Afin d'obtenir le glycol, nous avons condensé 4 molécules de CH^3MgI sur l'éther glycidique. La réaction est très vive; nous avons opéré une première fois entièrement à froid, le ballon étant plongé dans un mélange réfrigérant (glace et sel) pendant toute l'opération. Une deuxième fois, nous avons effectué la condensation en chauffant après que le réactif de Grignard eut été introduit. Dans les deux cas, nous avons obtenu le même produit : un liquide bouillant à 210° sous 23mm et cristallisant dans l'alcool absolu en petits cristaux fondant à 73°.

L'analyse de ce composé correspond à celle d'un éther-alcool. Traité par l'isocyanate de phényle, par HBr en solution acétique, il n'a donné aucun dérivé, le produit primitif a été régénéré.

---

(1) Haller et Mme Ramart, *Comptes rendus*, 159, 1915, p. 143.

Saponifié par la KOH alcoolique concentrée, cet éther-alcool a donné un acide fondant à 167°.

D'après ce que nous avons dit précédemment, l'éther-alcool pouvait posséder l'une ou l'autre des formules correspondant aux schémas III et IV.

Or, par une autre voie, MM. Rupe, Steiger et Fiedler [1] ont obtenu l'acide α-méthyl, β-phényl-β-oxyhydrocinnamique lequel fond à 101°.

Nous pouvons donc assigner à notre acide la formule de l'α-oxy-β-β-diphénylbutanoïque :

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>C - CHOH - CO^2H$$

qui n'avait pas encore été signalé.

Action du bromure de phénylmagnésium. — Nous avons répété la même réaction avec C^6H^5MgBr. Nous avons également un éther-alcool, son point de fusion est 130°. Mais, à côté de ce composé il s'est formé en assez grande quantité un produit fondant à 203-205° dont nous poursuivons l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches relatives à l'action des organomagnésiens sur quelques dialcoylamides grasses.* Note de Mlle **Marthe Montagne**, présentée par M. Urbain.

Dans une précédente Communication [2] M. Blaise et moi avons signalé une réaction anormale des organomagnésiens : le bromure d'éthylmagnésium réagissant en excès sur la tétréthyldiamide glutarique fournit, à côté des produits normaux de la réaction [δ-dicétone et δ-cétone amide], un composé à la fois cétone et amine tertiaire répondant à la formule

$$C^2H^5CO(CH^2)^3\underset{\underset{(C^2H^5)^2}{\|}}{C} - N(C^2H^5)^2.$$

L'oxygène du carbonyle a donc été remplacé par deux radicaux de l'organomagnésien employé :

$$-\underset{\underset{O}{\|}}{C} - N(C^2H^5)^2 \rightarrow -\underset{\underset{(C^2H^5)^2}{\|}}{C} - N(C^2H^5)^2.$$

Cette transformation est d'ailleurs accompagnée d'un dégagement gazeux

(1) *Centralblatt*, 1, 1914, p. 777.

(2) Blaise et Mlle Montagne, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1345.

important. Bouveault [1] et Busch [2] ont déjà observé des réactions analogues, mais ils ne signalent aucun dégagement gazeux corrélatif. J'ai entrepris d'étudier comment se comporte certaines dialcoylamides grasses vis-à-vis des organomagnésiens, afin de rechercher si cette réaction particulière des organomagnésiens est susceptible de généralisation.

Dans la présente Note, je me contenterai d'indiquer les résultats obtenus sans envisager le mécanisme des réactions. J'ai condensé la N-diéthylacétamide, la N-diméthylbutyramide et la N-diéthylbutyramide avec le bromure d'éthylmagnésium et l'iodure de méthylmagnésium et j'ai fait les observations suivantes :

Dans tous les cas la réaction est accompagnée d'un dégagement gazeux important. La réaction normale de formation des cétones varie suivant le magnésien et l'amide employés; le rendement est en général faible et le produit principal de la réaction n'est pas cétonique. La N-diéthylacétamide se conduit d'une manière particulière sur laquelle nous reviendrons.

Au contraire les deux dialcoylbutyramides étudiées donnent des résultats comparables. Elles fournissent des bases tertiaires de formule

$$CH^3CH^2CH^2\underset{(R)^2}{\underset{\|}{C}} - N(R')^2$$

R étant l'alcoyle du magnésien usilisé. L'anhydride acétique est sans action sur ce corps; mais si l'on chauffe leurs chlorhydrates à des températures comprises entre 160 et 200° ils se décomposent en donnant un carbure éthylénique et le chlorhydrate de la base : diméthylamine ou diéthylamine qui a servi à préparer l'amide. C'est ainsi que le chlorhydrate du méthyl-2-diéthyl-amino-2-pentane donne

$$CH^3CH^2CH^2\underset{(CH^3)^2}{\underset{\|}{C}} - N(C^2H^5)^2HCl \rightarrow HN(C^2H^5)^2HCl + CH^3CH^2CH = C(CH^3)^2.$$

La constitution de ces carbures a été établie par oxydation permanganique, on en déduit celle de la base correspondante. Nous avons pu, d'autre part, reproduire synthétiquement le carbure dérivé du chlorhydrate de la base et l'identifier par ses dérivés solides. Enfin la synthèse du méthyl-2-diéthylamino-2-pentane a été réalisée à partir de l'αα-diméthylvalérylamide

$$C^3H^7\underset{(CH^3)^2}{\underset{\|}{C}} - CONH^2$$

---

(1) BOUVEAULT, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 1322.

(2) BUSCH, *Centralblatt*, **2**, 1910, p. 1460.

La dégradation d'Hoffmann appliquée à cette amide fournit, par l'intermédiaire de l'urée correspondante, le méthyl-2-amino-2-pentane qui est ensuite diéthylé par les méthodes ordinaires.

Au cours du présent travail, nous avons préparé les composés nouveaux suivants :

A partir de la N-diéthylbutyramide et de C^2H^5MgBr : Éthyl-3-diéthylamino-3-hexane $C^3H^7C - N(C^2H^5)^2$ bouillant à 98° sous 18^{mm}.

$$\overset{\displaystyle\Vert}{(C^2H^5)^2}$$

Picrate, F. 97°; chloroaurate, F. 124°; chloroplatinate, F. 175°.

A partir de la diéthylbutyramide et de CH^3MgI : méthyl-2-diéthylamino-2-pentane $C^3H^7C - N(C^2H^5)^2$ bouillant à 170° sous 760^{mm} et à 60° sous 14^{mm}.

$$\overset{\displaystyle\Vert}{(CH^3)^2}$$

Picrate, F. 124°; chloroplatinate, F. 207°; chloroaurate, F. 82°.

A partir de la diméthylbutyramide et de CH^3MgI : méthyl-2-diméthylamino-2-pentane $C^3H^7C - N(CH^3)^2$ bouillant à 140-142° sous 760^{mm}.

$$\overset{\displaystyle\Vert}{(CH^3)^2}$$

Picrate, F. 214°; chloroaurate, F. 103°; chloroplatinate se décompose au-dessus de 230°.

La réaction avec l'iodure de méthylmagnésium présente une particularité intéressante. Avec chacune des dialcoylbutyramides étudiées, elle donne lieu à la formation de deux bases : l'une d'elles est la base normale décrite plus haut, l'autre possède une chaîne carbonée contenant 1^{at} de carbone de plus. Le carbure éthylénique obtenu à partir du chlorhydrate de cette base est un carbone à 7^{at} de carbone. La formation de cette base anormale, dont je poursuis l'étude, semble dépendre de la présence d'iodure de méthyle libre dans le mélange en réaction et la quantité formée semble être proportionnelle à la quantité de cet halogénure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la transposition de groupements fonctionnels.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **Jean Miliotis**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans un travail antérieur [1], en collaboration avec M. Courtot, l'un de nous a signalé un cas de transposition du groupement fonctionnel carboxyle. Nous avons entrepris les présentes recherches dans le but d'étudier la migration du groupement fonctionnel alcool primaire sous forme d'éther-

(1) Blaise et Courtot, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 362.

oxyde. Il existe un exemple d'une telle transposition; Hoffmann ([1]), en effet, appliquant à l'éthoxyacétamide sa méthode de dégradation des amides par le brome et la soude, obtint non pas l'éthoxyméthylamine qu'il attendait mais l'uréide $CO\langle {NH\,CH^2O\,C^2H^5 \atop NH\,CO\,CH^2O\,C^2H^5}$.

Après les travaux de Mauguin ([2]) sur le mécanisme de la transposition d'Hoffmann, la formation de cette uréide est manifestement due à la transposition du groupement fonctionnel éther-oxyde d'alcool primaire.

Jeffreys ([3]), appliquant la méthode d'Hoffmann à des amides de poids moléculaire élevé, dut la modifier pour éviter les réactions secondaires qui tendent à prendre une place prépondérante. Elle fit agir le brome en présence d'alcoolate de sodium et obtint ainsi les uréthanes qui, par hydrolyse, conduisent aux amines correspondantes.

Nous avons appliqué la méthode de Jeffreys à l'éthoxyacétamide et obtenu des alcoxyuréthanes dont la formation montre que le groupement fonctionnel éther-oxyde d'alcool primaire subit la transposition d'Hoffmann, exactement comme les radicaux alcoyles des amides étudiées par Jeffreys.

Nous avons, en effet, la série suivante de transformations :

$$\begin{matrix} CH^2 - CONH^2 \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^2 - CON\langle {Br \atop Na} \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^2 - CON\langle \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix}$$

$$\rightarrow \begin{matrix} O = C = N - CH^2 \\ \quad\quad\quad | \\ \quad\quad\quad OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow RO\,CO\,NH\,CH^2O\,C^2H^5.$$

Ces recherches avaient, en outre, l'intérêt de préparer quelques alcoxyuréthanes mal connues jusqu'à ce jour. Curtius ([4]), dans un travail important sur les acides, décrit l'éthoxyuréthane comme une masse visqueuse qu'il n'a pu distiller et n'a pas analysée; il déduit sa constitution du fait que l'hydrolyse sulfurique de ce produit fournit de l'aldéhyde formique. Les alcoxyuréthanes préparées par nous sont des liquides incolores, mobiles, bouillant très régulièrement; l'éthoxyuréthane méthylique

$$C^2H^5O\,CH^2\,NH\,CO\,O\,CH^3$$

bout à 97° sous 16^{mm}; l'éthoxyuréthane éthylique

$$C^2H^5O\,CH^2\,NH\,CO\,O\,C^2H^5$$

([1]) Hoffmann, *Ber. der Chem. Ges.*, 18, 1885, p. 2734.
([2]) Mauguin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 22, 1911, p. 297.
([3]) Jeffreys, *Ber. der Chem. Ges.*, 30, 1897, p. 898.
([4]) Curtius, *Centralblatt*, 2, 1917, p. 595.

bout à 105° sous 16mm. Le rendement est théorique pour la première et varie de 75 à 85 pour 100 pour la seconde.

Dans le but de vérifier la constitution des alcoxyuréthanes, nous en avons fait l'hydrolyse ménagée par chauffage modéré avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 1 pour 100. L'alcoxyuréthane est entièrement hydrolysée; on obtient quantitativement l'aldéhyde formique et exclusivement de l'alcool éthylique, qu'il s'agisse de l'éthoxycarbamate de méthyle ou de l'éther éthylique correspondant. En outre, se forme dans les deux cas le produit de condensation de l'aldéhyde formique avec le carbamate de méthyle ou le carbamate d'éthyle mis en liberté. Nous n'avons pu déceler aucune trace de chlorhydrate d'ammoniaque ni d'acide carbonique. La rupture de l'uréthane peut donc s'interpréter de la façon suivante. Dans une première phase, la molécule se coupe en donnant naissance à de l'aldéhyde formique, de l'alcool éthylique et du carbamate de méthyle ou du carbamate d'éthyle

$$\begin{array}{l} C^2H^5O - | - CH^2 - | - NHCO^2R. \\ \quad\;\; H - | - O \;-\; - H \end{array}$$

Dans une seconde phase, ces deux derniers corps réagissent sur l'aldéhyde formique pour donner la méthylènediuréthane

$$\begin{array}{l} RO - CO - NH - H \\ RO - CO - NH - H \end{array}\Big\rangle O = CH^2 \rightarrow CH^2\Big\langle\begin{array}{l} NHCOOR \\ NHCOOR \end{array}.$$

L'aldéhyde formique qui n'a pas réagi dans la seconde phase a été dosée au moyen d'une solution décinormale d'iode.

Nous nous proposons d'étendre cette étude à quelques autres éthoxyamides.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie des Bouches de Cattaro (Yougoslavie).* Note de M. **Jacques Bourcart**, transmise par M. H. Douvillé.

Au cours de l'année 1924, le Ministre de l'Instruction publique me confia une mission afin d'éprouver, en étudiant la région des Bouches de Cattaro, la valeur de l'explication générale que j'avais proposée dans trois Notes présentées à l'Académie [1] pour les faits morphologiques contradictoires que l'on observe sur la côte dalmate.

---

[1] *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 953, 1086, 1298.

Ce curieux pays est malheureusement resté en dehors de l'activité féconde du Service géologique autrichien. A ce point de vue, il n'est connu que par la carte de Hauer et Stache (1869). J'ai donc dû, à défaut de publications de l'éminent géologue, G. von Bukowski, qui en était chargé avant guerre, en établir la constitution stratigraphique d'une manière au moins provisoire. Je me plais à reconnaître que j'ai surtout pu le faire en prolongeant pas à pas vers le Nord les contours de la célèbre carte de Budua qu'il publia en 1904.

Les terrains qui affleurent dans la région des Bouches appartiennent à trois zones tectoniques que j'ai, à la suite de Kossmat, antérieurement définies ([1]). Ce sont : I, *la série autochtone ;* II, *la zone des écailles*, dite *du Cukali;* III, *la nappe des Alpes albanaises;* la zone II est charriée sur la zone I des Canali à Scutari, la zone III sur la zone I de Raguse aux Canali, puis elle chevauche la zone II.

La zone autochtone est constituée : 1° par la Dolomie de Raguse (Cénomanien), contenant à la partie supérieure des intercalations calcaires à *Chondrodonta Joannæ;* 2° par le Calcaire à Rudistes (*Radiolites*), probablement entièrement turonien; 3° par un niveau, peu puissant, de calcaires crayeux ou compacts avec des sections de Gastéropodes saumâtres, qui indique la lacune de Cosina; 4° par une puissante série de calcaires lutétiens. La partie inférieure de celle-ci contient *Nummulites distans* Desh. ([2]) et quelquefois *Num.* cf. *complanatus* Lk; la partie moyenne renferme en abondance *Num. perforatus* Montfort (=*aturicus* Joly et Leym.); la partie supérieure contient des nodules marneux et en grande abondance *Num. atacicus* Leym. et de nombreuses Orthophragmines.

Sur cette série de calcaires, qui forment un anticlinal incomplet, reposent des couches marneuses, gréseuses et enfin des conglomérats (*Ostri* Vrh); les grès contiennent, dans la Župa notamment, *Num. incrassatus* de la Harpe et *Num. Fabiani* Prever. Cet ensemble, formant un synclinal dont le flanc inverse apparaît rarement, appartient au Bartonien; les derniers termes peuvent atteindre l'Oligocène inférieur.

La zone II est formée d'une série d'écailles qui chevauchent directement le Bartonien de la zone autochtone. Le Carbonifère supérieur marin ou le

([1]) Jacques Bourcart, *Observations nouvelles sur la Tectonique de l'Albanie moyenne* (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4e série, 25, p. 391-428, 5 figures, 1 carte et planche hors texte).

([2]) Les Foraminifères que j'ai recueillis ont été déterminés par M. R. Abrard.

Werfénien de Budua n'affleurent pas dans les Bouches; on y reconnaît : 1° le Virglorien, dolomitique à Ercegnovi et formé de calcaires coralliens et à Encrines, au Devesile et au Vermač ; le facies gréseux de Budua n'apparaît pas dans les Bouches ; 2° une puissante série de calcaires en plaquettes, de couches de silex et de radiolarites, de tufs volcaniques qui, contenant à Budua *Daonella Lommeli*, représente le Ladinien ; le Carnien formé de calcaires très fins, en plaquettes, roses, avec des lits continus de radiolarites ; quelques plaquettes montrent de mauvaises empreintes d'*Aptychus*. En certains points (Kameno), au-dessus de ces calcaires, des calcaires gris fins contiennent des Polypiers et *Daonella styriaca* Mojs. ; la Grande Dolomie les surmonte.

Ces divers termes sont recouverts en transgression par une brèche calcaire contenant soit des fragments, soit des individus entiers, de *Radiolites*; enfin par une série, très variable au point de vue lithologique, de schistes contournés et plissotés, de grès fins à hiéroglyphes, souvent cloisonnés de calcite ou contenant de petits cubes de calcaires, et de cette fine brèche calcaire à pyrite qu'on appelle le *granito*. La surface des dalles de ce flysch porte des empreintes de Fucoïdes, de pistes et de déjections d'Annélides et enfin *Num. vascus* Joly et Leym., *N. Bouillei* de la Harpe, *N. Fabiani* (forme A) Prever, *N. incrassatus* de la Harpe (= *Rosai* Tellini). Cette faune indique le Bartonien supérieur ou même l'Oligocène inférieur. D'autres plaquettes m'ont donné *Assilina mamillata* d'Archiac et *Operculina complanata* Defr. qui normalement indiqueraient un niveau bien inférieur.

Ce flysch correspond exactement comme âge et comme faune aux couches supérieures du synclinal autochtone.

La nappe albanaise (III) est exclusivement calcaire ou dolomitique. Elle est constituée, de Budua à Cattaro, par la Grande Dolomie et le Calcaire du Dachstein, à Risano et au Radostak par des calcaires oolithiques à Nérinées jurassiques. Le Lias qui, à Raguse, sépare ces deux niveaux est difficile à mettre en évidence (Dobrota?). Cette nappe forme un rebord vertical, très élevé, sculpté en lapiez et par conséquent d'une étude difficile. Un niveau constant de flysch la sépare de la zone II.

Il faut encore mentionner, dans cette esquisse de la stratigraphie des Bouches, le Quaternaire, représenté par des dépôts de *terra rossa*, par les cailloutis de la Sutorina, les brèches d'éboulis, enfin par des marnes lacustres avec des Gastéropodes d'eau douce (Kameno) que recouvrent les dépôts des glaciers de l'Orjen.

VULCANOLOGIE. — *Éruption du piton de la Fournaise* (décembre 1925 à avril 1926). Note de M. **Paul Caubet**.

L'éruption a duré près de quatre mois, du 30 décembre 1925 au 20 avril 1926 [1].

Elle a été marquée par des phénomènes lumineux très accentués : l'embrasement du ciel était visible de Saint-Denis dans les premiers jours de janvier et au début d'avril et de la Plaine des Palmistes du 10 au 14 janvier.

En tenant compte de ces diverses sources de renseignements, on peut se représenter ainsi la physionomie de l'éruption et ses diverses phases. Le 30 décembre 1925, une grande fente longue de plus de 100^m s'est produite au fond du Cratère Dolomieu, sans qu'il y ait eu par cette craquelure émission de laves : quelques fumerolles seulement s'en échappaient encore à la fin de mai.

Une fente horizontale s'est ouverte au même moment sur le flanc externe du Grand Piton au Sud-Est (direction Tremblet), à 100^m environ du sommet, ce qui représente une altitude presque égale, quoique légèrement inférieure, à celle de la fente placée au fond du Cratère. De cette fente externe s'échappait une coulée puissante, d'une largeur de plus de 200^m : sa marche, rapide au début, s'est ensuite très ralentie, pour s'arrêter complètement vers le 20 janvier, à 7^{km} de la route.

Une reprise d'activité eut lieu au début de février 1926 : les laves se sont épanchées par la même fente qu'en décembre 1925, mais, cette fois, la coulée s'est divisée en deux branches vers l'altitude de 2100^m, l'une allant dans la direction du Tremblet (kilomètres 77-78), une deuxième vers le milieu du Grand Brûlé (kilomètre 75) ; ces deux coulées, d'une largeur de 250^m, se sont arrêtées aussi à 7^{km} de la mer.

De petites fentes en forme de déchirures se sont ouvertes au même moment un peu plus bas, vers 2100^m d'altitude. Des puys de projection jalonnent leur pourtour.

---

(1) Les observations ci-dessus, faites du 26 au 28 mai au cours d'une excursion dans l'Enclos par le Pas de Bellecombe, ont modifié beaucoup les données fournies par la Gendarmerie de Sainte-Rose, qui avait examiné le volcan des abords de la route nationale et que j'ai données dans une Note présentée à l'Académie le 22 février 1926 (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 505) [A. Lacroix].

Au début d'avril, après des phénomènes lumineux très accentués, est apparue une grande fente radiale sur le flanc Nord-Est du Grand Piton, à 200^m du sommet; la coulée qui s'en échappait mesurait environ 100^m de large; de marche très rapide au début (19 avril), elle s'est bientôt ralentie et finalement arrêtée à une distance d'au moins 6^{km} de la route nationale.

En résumé, aucune des trois coulées émises par les deux fentes formées au cours de l'éruption n'a atteint non seulement la mer, mais même la route nationale.

L'intérieur du Cratère a été légèrement modifié, sans que pourtant sa topographie se soit trouvée complètement remaniée.

Les échantillons de laves prélevés sur les coulées de décembre 1925 et d'avril 1926, à une certaine profondeur, se rapportent tous à l'hyalo-basalte ou basalte normal décrit par M. Lacroix et ne paraissent pas renfermer d'océanite.

PÉDOLOGIE. — *La genèse des terres noires et des autres sols des environs de Clermont-Ferrand.* Note de M. V. **Agafonoff.**

Pour commencer l'étude de la genèse des sols du Plateau Central, j'ai prélevé les échantillons des terres noires de Limagne, à quelques kilomètres à l'est de Clermont-Ferrand, dans les champs de Pierrelongue, à quelques centaines de mètres du forage pétrolifère. Le sol, épais au moins de 2^m, est coloré en brun noirâtre; cette teinte se dégrade avec la profondeur. La constitution physique de ce sol est assez fine (voir dans le Tableau I_a, I_b, I_c,), mais il contient une grande quantité de scories andésitiques (voir I_c) à divers états de décomposition, jusqu'à transformation complète en boules de terre fine; ces scories sont généralement bien roulées (influence du ruissellement postérieur). Les scories les plus fraîches (voir analyse I_d) sont noires à l'intérieur et assez dures; toutes sont couvertes d'une couche superficielle jaune brunâtre; parfois dans ces scories on trouve des inclusions de calcaire visibles à l'œil nu. L'examen microscopique montre que ces scories sont des andésites, contenant des feldspaths assez basiques, du péridot, de la hornblende (parfois en grands cristaux), de l'augite, de la magnétite, un verre volcanique, et en quantité beaucoup plus petite, des cristaux d'apatite.

Outre la terre fine et ces scories, ce sol contient des morceaux anguleux

et assez frais de feldspath, de granite bien albitisés, très peu de mica et de calcaire.

Tout cela indique déjà que cette terre noire de Limagne provient de la décomposition, sous l'influence des agents atmosphériques et biologiques, en premier lieu des scories andésitiques; nos analyses chimiques (voir le tableau) transforment cette hypothèse en fait indubitable. En allant de la scorie (I_d), puis des couches plus profondes du sol (I_c — 1^m,5 de profondeur, I_b — 1^m de profondeur) jusqu'à la surface (I_a), nous voyons l'enrichissement successif des constituants solubles dans la solution bouillante de HCl à 10 pour 100 (30 minutes) [1]; au contraire la quantité totale de SiO^2 baisse aussi successivement.

	I_a sol.	I_b s. pr. 1^m.	I_c s. pr. 1^m,5.	I_d scorie.	II_a sol.	II_d scorie.	III_a sol.	III_d scorie.
L'eau et autres vapeurs à 105°-110°...	6,8	3,7	3,5	} 6;3	7	2,4	3,8	} 3
Perte au feu (matières charbonneuses et l'eau de constitution)............	9,4	3,8	6,8	}	6,1	18,2	} 12,6	}
CO^2........................	5,4	4,5	2	2,4	12,4	2,3	}	
Dosage des éléments solubles après l'attaque (30 minutes) de HCl à 10 °/₀ :								
$Fe^2O^3 + Al^2O^3$....................	10,7	9,7	10,2	4,7	12,9	11,2	non dosés	
CaO..............................	7	7,3	2,4	2	16,7	13,8	»	
MgO..............................	2,3	1,4	1,5	1	2,3	1,8	»	
SO^3..............................	0,3	0,12		non dosés			»	
Le dépôt insoluble.................	58,5	70	74,4	83,8	42,1	49,5		
Total......................	100,4	100,52	100,8	100,2	99,5	99,2		
Terre fine (diamètre des grains <0^{mm},3) composant :								
du sable..............................	} 69	38	42	»	69,2	»	16 } 54	»
d'argile..............................	}						38 }	
SiO^2 dans le sol total................	44,6	n. dosé	49,1	51,3	41,8	35	»	56,2
» dans le sable..................	n. dosé	»	»	»	»	»	53,7	»
» dans l'argile..................	»	»	»	»	»	»	27,8	»
P^2O^5 dans le sol total................	0,39	»	0,15	0,4	0,29	0,08	»	0,04
» dans le sable..................	n. dosé	»	»	»	»	»	0,34	»
» dans l'argile..................	»	»	»	»	»	»	0,1	»

Un échantillon d'un autre sol a été prélevé à 1^{km},5-2^{km} du premier, près du pied du volcan éteint Crouelle. Ce sol (II_a) moins épais, plus clair, a la même structure que le sol I : terre fine dans laquelle se trouvent les morceaux

(1) Les alcalis, manganèse et titane, n'étaient pas dosés vu leurs faibles quantités.

des scories andésiques de même type que dans le sol I; mais ces scories (II_d) sont généralement moins décomposées, plus dures et anguleuses, beaucoup plus riches en quartz, et surtout en calcaire. La quantité des morceaux de ces minéraux à l'état « libre » est beaucoup plus grande dans ce sol que dans le sol I. On trouve dans les scories II_d, beaucoup plus que dans les autres, de la matière charbonneuse brillante (bitume sec). Dans ce sol de Crouelle (II_a) on rencontre aussi beaucoup plus de fragments de coquilles que dans le sol I et parfois même on trouve des empreintes de mollusques dans les boules de terre gris brunâtre; deux hypothèses peuvent l'expliquer : ou cette matière s'est déposée à l'état demi-fluide, ou bien dans le fond d'un lac. L'analyse chimique de ce sol (II_a) et de sa scorie (II_d) nous montre aussi nettement qu'il provient de la décomposition de la scorie II_d; la quantité de SiO^2 plus grande dans le sol II_a, que dans sa scorie, peut être expliquée par la présence assez abondante dans ce sol de cristaux libres de quartz.

L'échantillon du troisième sol (III_a) était pris par M. L. Glangeaud sur la coulée basaltique à 2^{km} au sud de Clermont-Ferrand. Le caractère général du sol est le même : c'est la terre fine dans laquelle se trouvent les scories (III_d), beaucoup plus dures et moins décomposées que les précédentes. L'analyse microscopique a montré que ces scories basaltiques sont constituées par des feldspaths très basiques, de l'olivine et un verre volcanique, mais on ne trouve ni calcaire, ni apatite. La terre fine de ce sol se compose d'argile (27,8 pour 100) et de sable (53,7 pour 100); dans l'argile on trouve 0,1 pour 100 P^2O^5, dans le sable 0,34 pour 100, dans la scorie seulement 0,04 pour 100. Cela nous montre que l'origine de l'acide phosphorique dans les sols des environs de Clermont-Ferrand ne doit pas être exclusivement recherchée dans les scories, mais aussi dans le sable volcanique de ces sols (II_a et III_a).

En résumé : les divers sols des environs de Clermont-Ferrand, les terres noires et autres sont formés par décomposition des différentes projections volcaniques, parmi lesquelles les scories jouent un rôle prédominant.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur les sources radioactives du Puy-de-Dôme*. Note de M. CH. JACQUET, présentée par M. D. Berthelot.

Nous avons caractérisé et dosé l'émanation du radium, suivant le mode opératoire déjà décrit ([1]), dans les eaux de Châteauneuf-les-Bains (6-10 juillet 1926), Saint-Priest-des-Champs (30 juin-3 juillet 1926), Martres-de-Veyre et Sainte-Marguerite (16-21 mai 1925, 6-13 juillet 1926).

1. Châteauneuf s'étend sur une masse granulitique bordée à l'Ouest par le granite normal et butant à l'Est par faille contre les tufs orthophyriques du Culm. Ces roches sont traversées par de nombreux filons de microgranulite et de quartz à galène notamment; c'est, en conséquence, une région très fracturée. L'eau minérale sourd par les nombreuses diaclases des roches. La radioactivité des eaux est en rapport avec celle des roches.

Sources	Température.	Débit en litres par heure.	Conductivité multipliée par 10^{-3}.	Émanation du radium en millimicrocuries par litre d'eau.
S. Laplace	18°,0	250	4,15	1,51
S. Chambon-Lagarenne	16,0	150	2,77	0,21
Buvette Chambon-Lagarenne	18,3	430	2,59	1,69
S. Adam n° 1	15,6	500	2,84	0,94
S. Adam n° 2	14,8	40	2,70	0,91
S. de la Rotonde	27,9	non mesuré	2,69	0,73
S. Chevarier	31,2	760	2,77	1,04
S. du Petit-Rocher	32,0	non mesuré	3,13	1,39
S. Marie-Louise	32,6	non mesuré	3,13	1,22
S. du Petit-Rocher (Buvette)	24,0	105	2,91	2,77
S. du Grand-Rocher	13,7	325	3,62	2,96
S. Desaix	13,2	55	3,47	5,33
S. Clémence	13,0	40	3,92	0,92
Bain tempéré	33,2	non mesuré	3,76	0,28
Grand Bain chaud	33,2	non mesuré	3,92	1,89
S. César	23,7	non mesuré	3,92	0,96
S. Jules	29,0	non mesuré	3,82	3,87
Buvette de la Pyramide	22,8	20	3,79	1,68
S. le Pré	17,1	245	2,29	1,41
S. Lefort	33,1	1500	3,73	0,31
S. du Pavillon	14,8	160	4,27	1,79
S. du Petit-Moulin n° 1	16,0	70	4,03	0,21
S. du Petit-Moulin n° 2	13,1	150	3,13	2,06

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1398.

2. La région granitique de Saint-Priest-des-Champs est traversée, au-dessous de Buffévent, par un filon de quartz NNE-SSW, recoupé en son milieu par le vallon du colis. En aval de ce filon sourdent plusieurs sources à la faveur de nombreuses diaclases des roches. Des dégagements gazeux s'observent sur une assez grande surface et dans le lit même du ruisseau Colis. La radioactivité est également ici en relation avec celle des roches,

Sources.	Température.	Débit en litres par heure.	Conductivité multipliée par 10^{-3}.	Teneur en millimicrocuries par litre.
		Rive droite.		
S. Maniol............	11°,4	non mesuré	3,60	0,05
Fontaines du Chemin..	10,0	130	1,31	5,50
		Rive gauche.		
N° 1.................	12,0	non mesuré	1,31	0,10
2.................	12,8	»	2,01	0,70
3.................	9,7	»	1,46	2,91
4.................	11,3	»	2,32	1,44
5.................	10,4	»	2,79	0,17

3. Les sources des Martres-de-Veyre (Pont-de-Longue, Saladi) et de Sainte-Marguerite sortent d'une faille qui fait apparaître l'arkose de la base du Tertiaire et le granite sous-jacent, très visible à Sainte-Marguerite où il présente lui-même un filon de microgranulite donnant naissance aux sources.

A 200^m amont du pont de Mirefleur, sur la rive gauche de l'ancien lit de l'Allier et dans le lit même, plusieurs sources dont la source des Roches, dont le débit, déjà élevé, pourrait encore être augmenté.

A 500^m à l'ouest du pont, est la source des Loches, dans une prairie marécageuse où nous avons constaté une végétation maritime importante (*Glaux maritima*, *Plantago maritima*, *Glyceria distans*). La faille donnant naissance à ces eaux est masquée par les alluvions. La présence de filons de microgranulite et de quartz est possible dans cette région; ces filons feraient suite à ceux du massif Saint-Yvosine-Moidas; un filon analogue apparaît d'ailleurs à Sainte-Marguerite. La forte radioactivité de ces eaux serait empruntée à un élément radifère inclus dans le quartz.

Sources.	Température.	Débit en litres par heure.	Conductivité multipliée par 10^{-3}.	Teneur en millimicrocuries par litre.
S. du pont de Longue.				
S. sous le pont	22°,5	non mesuré	6,66	3,41
S. Petitjean	22,7	390	6,66	2,17
S. nouvelle	22,7	non mesuré	6,66	4,66
S. Blavy	23,3	non mesuré	6,66	1,51
S. du Tambour	23,3	130	6,66	2,02
S. du Saladi (W. du chemin)	21,0	non mesuré	6,66	0,57
S. du Saladi (E. du chemin)	24,3	non mesuré	6,66	0,55
Établissement Sainte-Marguerite.				
S. La Boudeuse	24,0	non mesuré	7,52	0,19
S. Le Valois	25,3	400	6,66	0,46
S. du Héron	16,9	300	6,66	1,37
S. nouvelle	20,8	240	6,99	0,64
S. des Bains	13,1	20	6,66	1,12
S. de la Chapelle	14,8	160	2,77	1,33
S. des Roches	17,0	1000	1,11	8,00
S. des Loches	21,3	120	6,80	**85,40**

La radioactivité de la source des Loches, un peu plus faible que celle de Châteldon-Montagne, la met au second rang des eaux radioactives françaises. Le dosage du radium et du thorium dans l'eau de plusieurs sources et celui de l'émanation du radium dans les gaz sont en cours d'exécution.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les mouvements généraux de l'air atmosphérique en Afrique Occidentale.* Note de M. **Henry Hubert.**

En Afrique occidentale, dans la tranche d'atmosphère actuellement accessible à nos investigations (au-dessous de 6000-8000^{m}), on observe, sur une même verticale, deux, trois ou quatre courants aériens superposés (avec zones marginales en biseau). Chacun de ceux-ci est formé par une masse d'air grossièrement horizontale, animée d'une vitesse moyenne assez régulière, suivant une direction moyenne assez constante. Aux courants que j'ai déjà décrits (brises locales, alizé, contre-alizé, mousson, harmattan) il convient d'ajouter un courant supérieur, probablement de l'Ouest, qui constitue en hivernage un plafond au-dessus de l'harmattan. Si, dans chacun de ces courants, la température diminue progressivement de la base

au sommet, celle de la base apparaît comme un caractère spécifique, du moins si on la compare à celle du sommet du courant immédiatement inférieur.

Dans chaque courant, outre le mouvement d'ensemble qui le caractérise, il y a une infinité de petits mouvements, irréguliers et saccadés, mis en évidence à Dakar au moyen de mobiles très légers et analysés grâce à des appareils ou des repères appropriés. Malgré leur allure désordonnée, on peut, en un point et pendant un temps déterminé (minute, heure), faire la somme de ces mouvements et en déduire la valeur moyenne de chaque composante (horizontale et verticale) dans les conditions d'observation.

En Afrique occidentale, et dans presque tous les cas, les deux composantes ont, *à la fois*, une valeur moyenne appréciable. Aux heures correspondantes des jours d'une même saison, chacune des deux composantes moyennes est comparable à elle-même pour une même zone d'un même courant, et chaque courant reste spécifiquement différencié, par rapport aux autres, par l'ensemble des valeurs moyennes de ses composantes à un moment donné.

Les variations générales de la composante horizontale (vent) considérées au voisinage du sol sont soit d'ordre rythmique, saisonnier ou quotidien (en fonction de la position du Soleil), soit accidentelles (influence de la pression, grains, etc.). En altitude, ces variations sont influencées par des frottements contre les masses d'air voisines, par des variations de la composante verticale, etc.

La composante horizontale s'annule rarement : périodes de renversement des vents, zone comprise entre la mousson et l'harmattan, cheminées de courants ascendants exceptionnels dans l'harmattan.

Entre deux points voisins situés sur la même verticale, les variations de la composante verticale (courants ascendants dans le cas où celle-ci est positive) sont fonctions de la différence des températures entre ces deux points. Suivant le sens de cette différence, la composante verticale peut être positive ou négative. Elle s'annule au profit de la composante horizontale, soit au contact de la base d'un courant supérieur relativement très chaud (harmattan sur alizé, courant supérieur de l'Ouest sur harmattan), soit lorsque, dans l'harmattan, l'extension verticale d'un cumulo-nimbus ne suffit pas pour diminuer la pression interne consécutive aux apports de la base (formation d'alto-cumulus et de fracto-nimbus). La composante verticale est encore nulle à la base d'un courant aérien (et au niveau du sol toujours) lorsqu'un gros appel d'air est nécessaire pour satisfaire à l'extension de ce courant en direction et en altitude.

Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail des mouvements étudiés. Le tableau schématique suivant, correspondant à des valeurs approximatives pour une journée moyenne à Dakar, vers 10h du matin, est donné à titre de première indication.

Saison sèche :	Alizé (NNE).				Limite	Harmattan (E).		Limite	Contre-alizé (SW).
Altitudes (m) :	0.	2.	400.	800.	2 courants.	1000.	1000 à 3000.	2 courants.	3000.
Composante horizontale (m/sec).	4	5	10	10	6	4	5-8	6	10
Composante verticale (m/sec)...	0	0,5	0,5 à 1,5		0	0		0,5 à 1,15	
Températures................	22°	22°	19°	16°	15°	23°	23° à 5°	5°	<0°

Hivernage :	Mousson (SW à W)				Limite	Harmattan (E).		Limite	Courant supér. de l'ouest.
Altitudes (m) :	0.	2.	400.	800.	2 courants.	1000.	1000 à 6000.	2 courants.	6000.
Composante horizontale (m/sec).	2	3	5	5	0	6	8-12	6	10 (?)
Composante verticale (m/sec)...	0		0,5 à 1,0			0,5 à 2,5		0	?
Températures................	28°	28°	25°	22°	20°	18°	18° à —20°	—20°	—10°

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches biochimiques sur la composition du* Salix triandra *L. Obtention de rutoside, d'asparagine et d'un nouveau glucoside à essence, hydrolysable par l'émulsine, le salidroside.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Béguin**, présentée par M. L. Guignard.

Depuis la découverte du salicoside (salicine) par Leroux, en 1829, dans le *Salix Helix* L., de très nombreuses espèces du genre *Salix* ont fait l'objet de recherches variées, dont plusieurs ont abouti à l'extraction, à côté du salicoside, de glucosides différents.

Le *Salix triandra* L semble avoir échappé jusqu'ici à ces investigations, puisqu'on ne le trouve signalé que dans un Mémoire de Braconnot, de 1830, qui le range dans les espèces de *Salix* ne renfermant pas de salicoside. Cette observation de Braconnot est exacte et c'est peut-être à cause d'elle que le *Salix triandra* L a été négligé de tous.

Le *Salix triandra* L est un arbrisseau très commun dans les endroits humides. Il se distingue facilement des autres espèces voisines par la présence de stipules persistantes et bien développées à la base des feuilles, et parce que les rameaux jeunes dégagent, quand on en blesse l'écorce, une odeur agréable rappelant celle de la rose. Cette odeur caractéristique est d'ailleurs connue d'un certain nombre de botanistes et c'est M. C. Charaux qui l'a signalée à l'un de nous comme devant provenir d'un glucoside à

essence, qui se dédoublerait au moment où l'on froisse l'écorce. Disons immédiatement que M. Charaux avait parfaitement observé les faits.

Nous avons appliqué à diverses parties du *Salix triandra* L. la méthode biochimique combinée à l'émulsine et à la rhamnodiastase. Cette méthode nous a permis de déceler, dans les feuilles, un glucoside hydrolysable par la rhamnodiastase et un glucoside hydrolysable par l'émulsine sans formation d'essence aromatique et, dans l'écorce, un glucoside à essence, donnant sous l'action de l'émulsine une odeur très fine de rose. Le bois ne renferme pas de principe glucosidique.

Nous avons constaté, en outre, que l'écorce des plantes mâles renferme une proportion de glucoside à essence bien supérieure à celle des plantes femelles.

Identification du rutoside (*rutine*). — Le glucoside, hydrolysable par la rhamnodiastase, cristallise d'une solution aqueuse lavée à l'éther. Il a été identifié avec le rutoside par son pouvoir rotatoire ($\alpha_D = -36°,22$, pour le produit anhydre) et ses produits d'hydrolyse acide et fermentaire. Le quercétol (quercétine) a été caractérisé par le point de fusion de son dérivé bromé, $+236°$-$237°$. Le glucose a été obtenu à l'état cristallisé et le rhamnose caractérisé par la formation de méthylfurfurol et le pouvoir rotatoire du mélange des sucres d'hydrolyse. Le rutoside est un glucoside très répandu dans la nature, puisqu'on l'a extrait jusqu'ici des plantes appartenant à 17 familles différentes rentrant dans les trois grands groupes des Dicotylédones.

Identification de l'asparagine gauche. — L'asparagine a cristallisé dans un liquide alcoolique obtenu par précipitation d'un extrait aqueux par 4 volumes d'alcool à 95°. L'asparagine existe à la fois dans les feuilles et dans l'écorce. Elle a été identifiée par son point de fusion, $+225°$, au bloc Maquenne; son pouvoir rotatoire en solution aqueuse, $\alpha_D = -5°,12$ et en solution chlorhydrique, $\alpha_D = +34°,45$, et son dosage acidimétrique après addition de formol.

Propriétés du salidroside. — Malgré tous nos efforts, nous n'avons pas pu obtenir le salidroside à l'état cristallisé. Il se présente sous la forme d'un produit incolore, transparent, très amer, ne réduisant pas la liqueur de Fehling et sans odeur.

Par hydrolyse sulfurique, il fournit 63,17 pour 100 de sucre réducteur présentant un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +50°,9$. Le sucre d'hydrolyse par l'émulsine a été obtenu à l'état cristallisé et caractérisé comme glucose.

Sous l'action de l'émulsine en solution aqueuse, le salidroside fournit

très rapidement une essence à odeur très fine de rose. Par agitation à l'éther du liquide d'hydrolyse, l'essence se dissout. La solution éthérée, déshydratée, concentrée et additionnée d'éther de pétrole fournit un produit cristallisé en belles lames incolores. Le produit possède une odeur aromatique bien moins prononcée que l'essence primitive et pourrait représenter un produit de polymérisation de cette essence.

L'étude n'a pu encore en être faite à cause de la trop faible quantité obtenue jusqu'ici, mais l'individualité du glucoside à essence du *Salix triandra* L. n'en est pas moins nettement démontrée.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez le* Muscari comosum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

L'étude du développement de l'embryon chez le *Muscari comosum* permet de déceler les véritables affinités de la famille des Liliacées. C'est incontestablement au groupe embryogénique déjà représenté par les Composées, les Urticacées et les Malvacées, que cette famille doit être rattachée. L'embryon du *Muscari comosum* se développe, en effet, selon les règles très précises et bien particulières, qui ont déjà été exposées au sujet du *Senecio vulgaris*, et les destinées des étages constitutifs du proembryon sont, dans les deux cas, identiques, sauf naturellement en ce qui concerne l'origine du point végétatif de la tige.

On peut voir, par les figures 1 à 3 et 4 à 7, comment s'édifient la tétrade et le proembryon octocellulaire; les figures 9 à 13 montrent le mode très général de segmentation des quadrants, selon des parois obliques prenant insertion sur la membrane périphérique et venant tomber, au voisinage de l'axe, sur la paroi horizontale inférieure.

Ces parois séparent ainsi dans chaque octant deux éléments, α et β, de forme et de dimensions très dissemblables. Plus tard, ces deux éléments se cloisonnent quelque peu irrégulièrement; néanmoins les règles générales qui président à leurs segmentations apparaissent très étroitement comparables à celles que j'ai déjà décrites au sujet du *Senicio vulgaris* ou de l'*Urtica pilulifera*. Cette partie du proembryon, issue des quadrants, donne naissance au cotylédon; dans son intérieur, les histogènes ne s'individualisent que très tard, l'épiderme ne paraît nettement différencié qu'au terme de la vie proembryonnaire.

La cellule *m* de la tétrade engendre l'hypocotyle. Elle donne deux (*fig.* 4 à 10), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11 à 12), qui, se segmentant selon toute apparence tangentiellement, laissent apparaître un groupe de cellules centrales et une

rangée circulaire d'éléments périphériques. Le plérome s'édifie aux dépens des cellules centrales (*fig.* 14, 15, 17); les cellules périphériques se cloisonnent transversalement (*fig.* 17), ou longitudinalement (*fig.* 19, 20), et ce n'est qu'après ces divisions que le périblème et le dermatogène se montrent nettement séparés dans cette région. Les trois histogènes ne prennent leurs caractères véritables qu'après formation de la dépression latérale indiquant extérieurement la démarcation entre le cotylédon et l'hypocotyle.

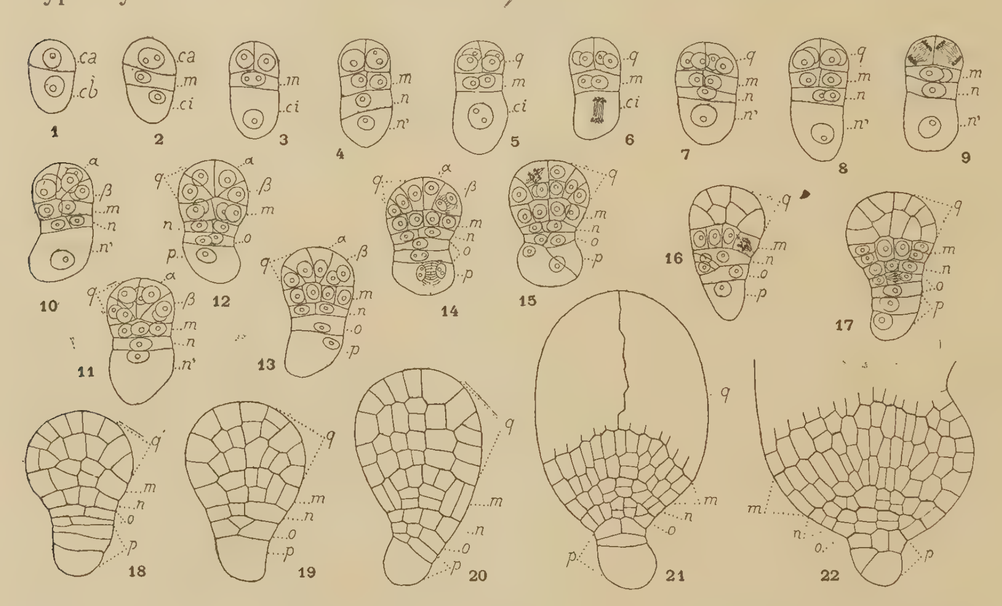


Fig. 1 à 22. — *Muscari comosum.* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon jusqu'au moment de la séparation du cotylédon : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou région des initiales de l'écorce de la racine; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *q*, quadrants ou cotylédon; α et β, cellules-filles du quadrant. *o*, cellule-fille de *n'* ou portion centrale de la coiffe; *p*, cellule-fille inférieure de *n'* ou suspenseur. G. = 160.

L'élément *n* du proembryon octocellulaire (*fig.* 7) donne, comme la cellule *m*, deux (*fig.* 10, 12, 13, 15), puis quatre cellules circumaxiales, enfin, après de nouvelles cloisons verticales, une assise cellulaire comprenant encore des éléments centraux et des éléments périphériques (*fig.* 17, 18, 20). Les premiers engendrent les initiales de l'écorce de la racine; ils peuvent constituer plusieurs couches cellulaires (*fig.* 21, 22). Les seconds entrent dans la constitution des portions latérales de la coiffe.

La cellule *o* (*fig.* 13), provenant du cloisonnement transversal de l'élément *n'* du proembryon octocellulaire se comporte, dans la série des segmentations, à peu près comme la cellule *n*. Tous les éléments auxquels elle donne naissance contribuent à l'édification de la portion centrale de la coiffe. Il se différencie toujours un court suspenseur, composé d'un nombre variable d'éléments cellulaires d'assez grandes dimen-

sions. Ces éléments dérivent généralement de la cellule *p*. Il est nécessaire de faire remarquer que la marche des cloisonnements dans les régions inférieures du proembryon, à partir du stade à huit cellules, présente quelques variations qui modifient quelque peu les destinées des cellules issues de *o* et de *p*.

Le fait nouveau et essentiel qui se dégage de cette étude consiste dans l'identité absolue des lois du développement embryonnaire chez le *Muscari comosum* et chez les plantes que l'on a déjà groupées autour du *Senecio vulgaris*. Dans les deux cas, le proembryon octocellulaire s'édifie de la même manière, le mode de segmentation des quadrants est analogue, les fonctions dévolues aux étages proembryonnaires sont semblables. Mes précédentes observations sur l'*Anthericum ramosum* et sur l'*Allium ursinum* ont mis en relief les processus communs de division qui président à la construction du proembryon chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones. Les recherches dont le *Muscari comosum* vient d'être l'objet permettent de préciser ces analogies, de les étendre aux règles générales du développement relatives à l'origine, à la disposition, aux destinées des blastomères, et de découvrir ainsi, parmi les Dicotylédones, le groupe embryogénique auquel les Liliacées doivent définitivement être rattachées.

PHYSIOLOGIE. — *Observations sur les pigments cellulaires.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Une série d'expériences sur la *chlorophylle* nous a montré [1] que ce pigment est *adsorbé* et comme dissous dans le cytoplasma, dont il suit le mouvement et le métabolisme.

La même technique atteste que l'*hémoglobine du sang* présente des réactions analogues. Ce pigment, ou encore la poudre de sang desséché, ou enfin les *solutions d'hématine*, se transportent à l'anode par l'électrolyse; ils sont décolorés par les ions oxydants et reprennent leur couleur sous l'influence d'un réducteur, l'hydroquinone par exemple. Le phénomène est réversible.

L'ensemble de ces études physico-chimiques conduit à une *théorie possible* de l'origine, de la vie des pigments cellulaires.

1° *Évolution pigmentaire.* — D'abord il est visible que *les échanges nutritifs sont essentiels à l'évolution des pigments.*

---

[1] Jules Amar, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1353 et 1566.

Ceux-ci apparaissent ou disparaissent suivant que ceux-là sont intenses ou faibles; en cas d'anémie ou chlorose, tant végétale qu'animale, le métabolisme général est déprimé; on a même constaté, sur feuilles vertes étiolées par l'automne, une réduction de 50 pour 100 du taux azoté (1); la respiration diminue et les chloroleucites dégénèrent.

En même temps que le pigment, un autre produit, une autre *sécrétion* du cytoplasma atteste la chute des combustions; c'est l'*amidon*. Il s'accumule, faute d'être oxydé, brûlé.

L'effet sur ce métabolisme des radiations visibles ou invisibles consiste en un apport d'*énergie vibratoire*. Mais ici un fait capital est à considérer. A partir du violet et jusqu'à la zone des rayons X, la radiation agit comme une *température élevée*, et elle affecte les petits éléments de la matière. D'où l'altération du pigment que nous avions signalée. Elle acidifie le milieu cellulaire et tend à le déshydrater, ce qui entraîne une moindre nutrition.... C'est alors qu'intervient la *loi de viviréaction* (Amar, 1923) ou de défense organique. Elle s'oppose à la continuation de l'effet radiant par un renforcement de la couche pigmentaire.

L'oxygène disponible dans la cellule entre en jeu, celle-ci gagne en vitalité et sécrète plus de pigment. *Toute cellule pigmentaire a une activité relativement intense.*

Aussi les biologistes ont-ils noté que le pigment se montre aux points du cytoplasma qui étaient riches en diastases oxydantes. L'opération fait suite au stimulus photochimique; celui-ci est d'*essence réductrice*, celle-là oxydante; l'une est *chromogène*, l'autre altérant, le pigment se retrouvant altéré physiquement et chimiquement.

Il est clair que ce double processus sera plus manifeste dans les parties superficielles : épiderme, ailes, feuilles, parce que plus exposées à la radiation. L'hémoglobine altérée a la teinte qui permet de réfléchir tout l'ultraviolet; et elle représente bien une substance de réduction, car tous les parents du pigment sanguin sont plus riches qu'elle en oxygène. On l'appelle *mélanine*.

2° *Origine des pigments cellulaires.* — Dus à la viviréaction du cytoplasma, les pigments ne sont pas autre chose qu'un mode d'adaptation au milieu extérieur, et toute cellule pourrait devenir chromogénétique. L'action des rayons très réfrangibles provoque le changement du chromogène en pigment plus stable, qu'elle fait adsorber, adhérer fortement au colloïde vivant par la voie de la déshydratation et de la précipitation.

---

(1) R. Combes, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2056; 182, 1926, p. 984.

Il en résulte, *dans le monde végétal*, la coloration verte de tous les organes exposés au soleil, écran protecteur de la vie même des plantes. Et, dans le monde animal, on observe que la chaleur, d'abord, dilate les capillaires, produisant *l'hypérémie de la peau* avec ralentissement de la circulation; puis l'hémoglobine subit l'effet des courtes longueurs d'onde, et donne peu à peu un dépôt de mélanine.

Tous ces processus sont *lents* et supposent une *action continue* du milieu; à cette double condition seulement le caractère acquis de la pigmentation devient héréditaire, et persiste. La méconnaissance de cette loi a fait douter du *Lamarckisme*.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme intime de la contraction musculaire.* Note de M. G. Lafon, présentée par M. E. Leclainche.

Il est hors de doute que le muscle est une machine qui transforme en énergie mécanique, par un processus de désintégration et d'oxydation, l'énergie chimique potentielle des principes nutritifs (hydrates de carbone et graisses).

La difficulté commence lorsqu'il s'agit de déterminer par quel mécanisme s'effectue cette transformation et quelle est la nature de l'énergie intermédiaire, si toutefois il y en a une.

Les hypothèses tendant à considérer la chaleur ou l'énergie électrique comme cette forme intermédiaire de l'énergie ne semblent pas devoir être retenues, car leur application au cas de la contraction musculaire soulève de sérieuses objections.

Comme d'autre part un muscle contracté diffère d'un muscle au repos par des propriétés élastiques, c'est-à-dire par des *propriétés moléculaires*, différentes, et que le muscle contient 75 pour 100 d'eau, on a été conduit à considérer l'énergie intermédiaire entre l'énergie chimique et l'énergie mécanique comme représentée dans le muscle par des formes de l'énergie inhérentes aux molécules liquides et en solution, c'est-à-dire la *tension superficielle* et la *pression osmotique*.

La formation d'acide lactique, ou d'autres produits intermédiaires de désintégration, aux dépens des principes nutritifs utilisés par le muscle, élèverait la pression osmotique à l'intérieur des éléments contractiles ou *sarcomères* et déterminerait un appel d'eau à leur intérieur qui provoque leur racourcissement et leur gonflement d'où dérivent le raccourcissement et

le gonflement du muscle tout entier; le relâchement du muscle serait ensuite déterminé par la disparition ultérieure, par diffusion ou oxydation, avec formation d'acide carbonique très diffusible, de l'acide lactique formé dans la première phase de la contraction.

Les modifications de la tension superficielle à la surface des éléments contractiles, déterminées par le changement du nombre des molécules aux deux phases de la contraction, contribuent sans doute aussi à produire ce résultat; l'augmentation de la tension superficielle tendant à donner aux éléments contractiles une forme globuleuse et à produire leur raccourcissement, tandis que l'abaissement de la tension superficielle tend à produire l'effet inverse.

Le rôle de la pression osmotique dans la contraction musculaire peut être, dans une certaine mesure, soumis à l'expérience :

Si l'on injecte, par l'aorte postérieure, de l'eau distillée dans les muscles des pattes d'une grenouille à moelle épinière détruite, pour éviter toute contraction volontaire ou réflexe, les muscles se contractent et entrent en rigidité (*rigidité hydrique*, expérience de Haller), tandis qu'il ne se produit rien si l'on injecte une solution isotonique. Cette contraction dure de une demi-minute à une ou deux minutes, puis les muscles se relâchent progressivement; ils se relâchent immédiatement par l'injection d'une solution isotonique. Une nouvelle injection d'eau distillée détermine une nouvelle contraction, et le même phénomène peut être reproduit plusieurs fois de suite.

Cette contraction n'est pas due, comme le pensait Kronecker, à l'excitation des plaques motrices terminales, car elle se produit de la même manière sur une grenouille curarisée, alors que les plaques motrices ont perdu leur excitabilité, et d'autre part l'injection d'une solution hypertonique, qui serait également excitante pour les plaques motrices, ne produit aucun effet sur une grenouille non curarisée.

On est par suite en droit de penser que la contraction des muscles est déterminée dans ce cas par la rupture de l'équilibre osmotique entre les éléments contractiles et le sarcoplasme ambiant, à la suite de l'injection d'eau distillée, et que la contraction normale peut être rationnellement attribuée à un changement analogue de l'équilibre osmotique, déterminé dans les muscles par les processus chimiques associés à la contraction.

L'absence de contraction après l'injection d'une solution hypertonique paraît devoir être attribuée à ce que cette injection détermine dans les muscles des conditions osmotiques opposées à celles qui sont réalisées dans la contraction normale.

On pourrait objecter que l'hypothèse ci-dessus fait intervenir, pour expliquer la contraction, un processus de passage d'eau par diffusion à travers la mince paroi des sarcomères, processus qui rendrait difficilement compte du caractère brusque et en quelque sorte *explosif* de la contraction; mais si l'on tient compte des dimensions des éléments contractiles : 2 à 3^{μ} de diamètre et 4 à 6^{μ} de hauteur pour chaque sarcomère, le calcul indique une surface qui ne serait pas inférieure à 15^{cm^2} par millimètre cube de muscle, ce qui permet de concevoir la possibilité de processus de diffusion extrêmement rapides.

ZOOLOGIE. — *Sur les caractères sexuels de la nageoire caudale chez les Galathéidés.* Note [1] de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai signalé, dans une Note récente, les caractères différentiels des sexes qui, dans le genre *Galathea*, portent sur le bord latéral du telson. Grâce aux collections du Muséum, mises obligeamment à ma disposition par M. le professeur Ch. Gravier, j'ai pu étendre mon enquête à toutes les formes de la famille et donner à mes remarques une intéressante généralisation.

On peut dire que les caractères sexuels du telson se retrouvent d'une manière très comparable, dans toute la tribu des Galathéinés. Les genres *Pleuroncodes*, *Grimothea*, *Galacantha* (Cf. Faxon), *Munidopsis*, *Galathodes*, *Elasmonotus* sont à cet égard très analogues aux *Galathea*; c'est-à-dire que, chez le mâle, le lobe médian du telson est garni, sur tout ou partie de son bord externe, d'un peigne de fortes soies aciculaires arquées, généralement d'un jaune ambré, tandis que, chez la femelle, ce même bord est simplement occupé par des soies souples, plumeuses, ou même dépourvu d'ornementation. Chez l'*Orophorhynchus lividus* la garniture de soies dimorphes se restreint à la partie postérieure du lobe latéral. Un mâle superbe de *Cervimunida princeps* présente, limitée à une partie de la face dorsale de ce même lobe une forte brosse de soies dorées; bien que n'ayant pas eu de femelles entre les mains, je n'hésite pas à considérer cette brosse comme un caractère sexuel mâle, qui doit faire défaut dans l'autre sexe, ou y être remplacé par des soies souples et plumeuses.

Fait un peu étrange dans cette série homogène, le genre *Munida* fait

(1) Séance du 12 juillet 1926.



Æglea lævis. Uropode.

exception : la plupart des espèces ne présentent pas, dans le telson, de différences sexuelles manifestes. Il en existe cependant, toujours de même ordre, chez la *M. iris*.

Chez les Diptycinés (*Eumunida*, *Gastroptychus*, *Diptychus*) où la nageoire caudale, retournée sous l'abdomen, est en voie d'évolution régressive, elle ne comporte pas de différences sexuelles.

Dans le genre *Æglea*, qui constitue à lui seul le type d'une tribu distincte, les différences sexuelles portent, non sur le telson, mais sur le bord postérieur du basipodite de l'uropode (*fig.* 1 et 3) et sur l'ornementation du bord externe de l'endopodite de ce même uropode (*fig.* 2 et 4). Et ici encore le mâle se distingue par la prépondérance des soies aciculaires rigides et des épines, la femelle par celle des soies souples et plumeuses.

Enfin, chez quelques Porcellanes (*P. longicornis*, *P. platycheles*), un caractère sexuel est présenté par le bord postérieur du cinquième segment du pléon, qui porte, chez le mâle, à chacune de ses extrémités, un lobe supplémentaire à bord crénelé.

On voit que les considérations relatives aux caractères sexuels secondaires ne font que confirmer la subdivision en tribus naturelles que les carcinologistes, notamment A. Milne-Edwards et E.-L. Bouvier, ont fondée sur l'ensemble de la morphologie de ces Crustacés.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine.* Note de MM. **René Fabre** et **Henri Simonnet**, présentée par M. Léon Guignard.

On sait depuis les travaux de Pfeiffer et d'Haussmann [1] que l'hématoporphyrine possède la propriété de sensibiliser à l'action de la lumière divers organismes monocellulaires (hématies, paramécies), ou pluricellulaires (souris blanches). Dans une Note antérieure [2], nous avons démontré que l'action sensibilisatrice de l'hématoporphyrine, pour les hématies, paraît être excitée seulement par les radiations de la région jaune du spectre (5760-5800 U.Å.), et que, d'autre part, l'hématoporphyrine intervient par sa masse dans la vitesse du phénomène.

L'examen comparatif de l'hémolyse des globules de divers animaux nous

(1) *Bioch. Zeitschr.*, 14, 1908, p. 12.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1152.

a permis d'observer des variations très notables dans la résistance des hématies. Nos essais ont porté sur les espèces animales suivantes : bœuf, cheval, chien, cobaye, lapin, mouton, porc, rat. En irradiant, dans les conditions antérieurement précisées, des suspensions globulaires à 1 pour 100 dans du sérum de Ringer, additionnées de $0^{g},02$ pour 100 d'hématoporphyrine, on observe les temps d'hémolyse suivants :

	Temps (en minutes).		Temps (en minutes).
Cheval	42	Rat	67
Lapin	50	Porc	69
Mouton	55	Cobaye	69
Bœuf	56	Chien	75

Si l'on soumet à l'action de l'hématoporphyrine des volumes de suspensions globulaires tels que le même nombre d'hématies soit mis en réaction, on constate des différences de même ordre :

	Numération globulaire (en millions par millimètre cube).	Temps d'hémolyse (en minutes).
Cheval	4,5	37
Lapin	3,4	55
Bœuf	7,2	57
Rat	4,2	62
Mouton	7,2	65
Porc	5,9	70
Cobaye	4,5	85
Chien	5,7	85

Si l'on étudie l'hémolyse pour les diverses espèces animales, à quantité d'oxyhémoglobine égale, on observe encore des différences semblables, faisant, par exemple, apparaître la grande labilité des hématies de cheval par rapport à celles du mouton.

	Numération globulaire (évaluée en densité optique, pour $\lambda = 5769$, des suspensions hémolysées).	Temps d'hémolyse (en minutes).
Bœuf	2,35	37
Chien	2,50	40
Cheval	4,30	43
Porc	2,15	51
Lapin	5,68	55
Mouton	3,45	70
Cobaye	2,30	75

Par contre, à égalité de teneur en cholestérine correspond une résistance de même ordre à l'hémolyse, ce qui est facile à constater par action sur des volumes de suspensions globulaires correspondant au même taux de cholestérine (¹).

	Taux de cholestérine pour 100 des suspensions globulaires.	Temps d'hémolyse (en minutes).
Chien	0,71	41
Cheval	0,43	41
Mouton	0,89	43
Cobaye	0,68	43
Bœuf	0,71	46
Lapin	0,37	46
Porc	0,65	47

Les différences entre les chiffres extrêmes sont infiniment plus réduites; on est en droit de considérer la cholestérine comme un facteur important dans la résistance à l'hémolyse des hématies des diverses espèces animales, dans ces conditions, ce qui apporte une confirmation aux travaux de Mayer et Schæffer (¹).

Si l'on trace une courbe représentant la marche de l'hémolyse, suivant la méthode publiée par l'un de nous (²), on constate que l'allure du phénomène ne devient vraiment rapide qu'après un certain temps d'irradiation, comme si une modification due à cette action photosensibilisatrice devait précéder la destruction globulaire.

Signalons enfin que l'ordre de résistance globulaire à l'hypotonie est bien différent de l'ordre de résistance à l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine, ce qui fait apparaître la diversité des modes d'hémolyse.

Ordre de résistance globulaire à l'hypotonie : Mouton, Rat, Porc, Cheval, Bœuf, Chien, Lapin, Cobaye.

Ordre de résistance globulaire à l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine : Cheval, Lapin, Bœuf, Rat, Mouton, Porc, Chien, Cobaye.

(¹) Les taux de cholestérine indiqués sont ceux des suspensions mises en expériences; ils ne représentent qu'une relation de proportionnalité, et non une valeur absolue.

(²) *Journ. de Phys. et de Path. gén.*, 15, 1913, p. 296.

(³) René Fabre, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1574.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la réceptivité de l'organisme pour les greffes de tumeurs, en relation avec les points isoélectriques des tissus.* Note [1] de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note antérieure [2], nous avons indiqué que si l'on provoque expérimentalement dans un organisme (Souris) des déplacements des points isoélectriques musculaires, on rend cet organisme, suivant le sens du déplacement, plus récepteur ou plus réfractaire à la greffe des tumeurs : *l'indice de réceptivité* $i = \frac{S-T}{T}$ (S = pour 100 de greffes positives chez les animaux traités, T = pour 100 chez les témoins) paraît suivre une évolution sensiblement parallèle à celle du point isoélectrique, l'effet d'inhibition sur la greffe étant en corrélation avec un abaissement de ce point.

Ayant déterminé diverses substances dont l'introduction dans l'organisme abaisse temporairement les points isoélectriques musculaires selon le processus décrit antérieurement, nous avons examiné leur effet sur l'indice de réceptivité aux greffes de tumeurs. Les expériences ont porté sur 385 Souris, distribuées en 60 lots. Ont été étudiées : principalement les poudres d'*émeri* de diverses grosseurs (206 Souris), puis celles de *corindon* (44 Souris), de *charbon* de Tilleul (34 Souris), d'*or* (35 Souris), de *fer* (14 Souris), de *zinc* (17 Souris); en outre l'injection virulente de *Staphylocoques* (22 Souris), et l'effet de *brûlures* cutanées (12 Souris). D'une façon générale, les Souris en expérience recevaient sous la peau de l'aine une injection de $0^g,2$ à $0^g,05$ de la substance intéressante; distribuées en lots divers, elles subissaient ensuite du côté opposé une greffe de tumeur épithéliale (Ehrlich) à des dates variant de 0 à 109 jours après l'injection. Comparativement à des témoins non injectés mais greffés en même temps dans les mêmes conditions, on notait les greffes positives et calculait l'indice de réceptivité *i*. Parallèlement, des cataphorèses de purée musculaire étaient effectuées pour suivre l'évolution des points isoélectriques.

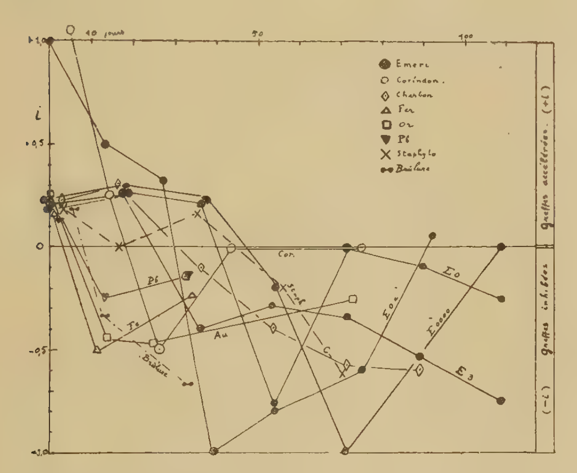
1° La relation indiquée précédemment entre les points isoélectriques et l'indice de réceptivité continue à se vérifier avec les substances nouvelles expérimentées (émeri, corindon, charbon, or, Staphylocoque) : des perturbations dans les points isoélectriques A et C et les points neutres de

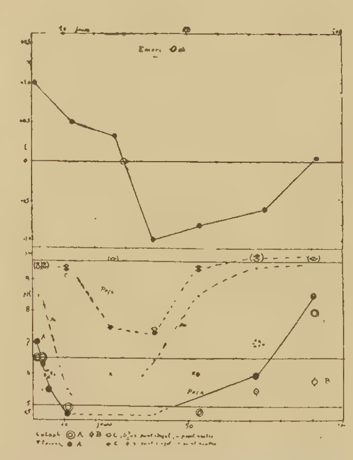
---

[1] Séance du 12 juillet 1926.

[2] F. Vlès et A. de Coulon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 147.

seconde espèce des substances transportées par la cataphorèse directe, aussi bien que des « flocons » et des « précipités » obtenus par la technique de l'alcool-acétone sont grossièrement concomitants de variations de l'indice de réceptivité. Une baisse d'indice (et en particulier son passage au-dessous de zéro, c'est-à-dire l'acquisition d'un état réfractaire) est parallèle à une baisse précoce des points isoélectriques; le retour éventuel de l'indice vers les valeurs initiales s'accompagne de montées des points isoélectriques.





A gauche : indice de réceptivité *i* pour greffes de tumeurs, après injection de diverses substances abaissant temporairement les points isoélectriques musculaires (Souris). Ordonnées, *i*; abscisses, jours entre l'injection et la greffe.

A droite : évolutions corrélatives de l'indice de réceptivité (en haut) et des points isoélectriques musculaires (en bas). Injection d'émeri O*a*; points isoélectriques, A, B, C; cataphorèse directe, (O) et flocons (●); ordonnées, pH; abscisses, jours.

2° Au point de vue de l'indice de réceptivité, les substances utilisées fournissent des évolutions de même type, mais non identiques. La greffe au temps zéro (simultanée à l'injection) donne un indice plus ou moins fortement positif, les animaux sensibilisés par la substance ou simplement par le traumatisme. Si l'on espace de plus en plus le temps entre l'injection et la greffe, l'indice de réceptivité pour celle-ci diminue, passe par zéro (*date critique d'inversion :* aucune différence avec les témoins), puis devient nettement négatif, avec une valeur minima qui représente l'état le plus réfractaire; enfin, si l'expérience est assez prolongée, on assiste à son retour vers zéro, l'effet de l'injection devenu inopérant (alors que l'effet sur le point isoélectrique peut n'être pas encore nul). Il est curieux de constater sur quelles longues périodes s'étendent les répercussions de pareilles actions.

Il est intéressant de comparer, autant que faire se peut, les principales caractéristiques des courbes de i en fonction du temps (valeurs initiales, date critique, date et valeur du minimum). C'est ainsi que la date du minimum est d'autant plus tardive que la date critique est elle-même plus tardive, suivant une grossière proportionnalité. L'indice de réceptivité minimum paraît plus petit, c'est-à-dire que l'état est plus réfractaire, quand la date critique est plus tardive : effet profond, effet éloigné. D'autre part, avec les poudres d'émeri injectées à poids égal, mais avec dimensions différentes de grains, l'effet a été plus tardif et plus intense avec les grains plus gros.

Ces diverses données confirment et complètent celles que nous avions apportées précédemment.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Actions réductrices.* Note de M. L. **Lutz**, présentée par M. Guignard.

Les phénomènes de réduction ont été étudiés en ensemençant divers mycéliums sur milieu minéral gélosé additionné de 1 goutte par 5^{cm^3} d'une solution de bleu de méthylène à 0,125 pour 100. Certains des tubes ont été maintenus à l'air libre, d'autres en atmosphère raréfiée (pression : 20^{cm} environ); d'autres enfin, après une semaine de développement à l'air libre, dans une atmosphère d'acide carbonique.

Les Champignons ensemencés sont : *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Corticium quercinum*, *Polyporus versicolor*, *P. pinicola*, *P. betulinus*, *P. igniarius*, *Trametes medullapanis*, *Pleurotus ostreatus*, *P. Eryngii*.

Tous les tubes ont présenté des modifications très nettes du bleu de méthylène, se traduisant par trois ordres de phénomènes : décoloration pure et simple (*Pleurotus ostreatus*, *Polyporus pinicola*); virage au lilas, avec décoloration presque totale (*Polyporus versicolor*, *P. igniarius*, *Pleurotus Eryngii*), ou partielle (*Trametes medullapanis*); virage au vert plus ou moins foncé, avec décoloration presque totale (*Stereum hirsutum*), ou partielle (*Polyporus betulinus*, *Stereum purpureum*).

Ces modifications, assez lentes à se produire dans les tubes maintenus à l'air libre, ont été beaucoup plus rapides et plus intenses dans ceux conservés en atmosphère carbonique ou sous pression réduite, ce qui fait prévoir un antagonisme entre une action oxydante et l'action réductrice, dont on ne perçoit finalement que la résultante.

On peut interpréter ces résultats en envisageant la série des réactions de formation du bleu de méthylène à partir de la diméthylaniline [1]. La décoloration provient d'une réduction énergique, aboutissant à la leucobase du bleu, la coloration lilas à une réduction faible conduisant à l'acide thiosulfonique d'une indamine lilas (laquelle en dérive par une oxydation ménagée); enfin, la coloration verte à une réduction plus forte fournissant l'acide thiosulfonique de la diméthylparaphénylène diamine + diméthylaniline ou vert de Bindschädler.

Ces diverses colorations ont, du reste, été réalisées *in vitro* sur du bleu de méthylène, traité par des réducteurs plus ou moins puissants et réoxydé ensuite avec ménagement.

Il y a lieu de remarquer, en se reportant aux phénomènes d'oxydation déterminés par les mêmes Champignons, que ce sont les espèces ne sécrétant que des proportions très faibles ou nulles d'oxydases qui engendrent les réductions aboutissant à la leucobase sans virages intermédiaires (*P. pinicola*, *Corticium quercinum*, *Pleurotus ostreatus*), tandis que toutes celles qui sont douées d'un pouvoir catalyseur positif énergique donnent des réductions accompagnées de virages au vert ou au lilas. C'est une nouvelle preuve de la superposition d'une action oxydante aux phénomènes de réduction.

Enfin, le *Polyporus pinicola* a fourni une réaction intéressante. Après avoir décoloré le milieu, il en a provoqué la recoloration progressive, commençant au voisinage de la culture, après quoi la décoloration s'est de nouveau manifestée, suivie d'une nouvelle recoloration, définitive, cette fois.

EMBRYOGÉNIE. — *Remarques au sujet de la courbe de décroissance annuelle de la ponte chez la Poule domestique.* Note de M. E. **Fauré-Fremiet** et Mlle **Laura Kaufman**, présentée par M. L.-F. Henneguy.

La conception de Minot, suivant laquelle la senescence est un processus étroitement lié à la croissance et au développement, a fait chercher une démonstration de ses effets précoces dans le ralentissement progressif de certaines productions de l'organisme, la ponte des œufs chez la Poule par exemple.

---

(1) Voir Fierz, *Chimie des colorants* (Paris, Attinger, 1921), et Cain et Thorpe, *Matières colorantes de synthèse* (Paris, Dunod, 1922).

D'après les chiffres très nombreux collationnés par Brody, Henderson et Kempster (1923) la production annuelle des œufs est sensiblement égale à 88 pour 100 de la production annuelle précédente ([1]), et la courbe très régulière qui joint les chiffres moyens trouvés peut être définie par une équation telle que

$$\mathcal{E}_t = A\, e^{-kt}, \tag{1}$$

$\mathcal{E}$ étant le nombre des œufs pondus pendant l'année t, A et k deux constantes.

Brody et ses collaborateurs remarquent que la ponte totale d'une Poule domestique s'arrête avant d'atteindre la limite imposée par cette loi exponentielle; la ponte n'étant pas limitée par le nombre des oocytes disponibles, il suppose que la décroissance de la production annuelle des œufs est liée à l'accroissement progressif d'un processus de senescence qui se développerait lui aussi suivant une loi exponentielle analogue à celle de certaines réactions chimiques.

Des observations faites avec H. Garrault sur un Arthropode, *Margaropus australis*, montrent que l'on trouve chez celui-ci (à température constante) une courbe de ponte analogue à celle de la Poule. Il n'en est plus du tout de même si l'on compare les données de Henriquez sur la ponte d'un autre Arthropode, *Callinhora erythrocephala.* Mais dans ce dernier cas l'activité germinative des gaines ovariques est persistante, tandis que chez *Margaropus* comme chez les Oiseaux (d'Hollander, Loyez) *les oocytes disponibles sont tous constitués dans l'ovaire bien avant la période de ponte.*

On sait d'autre part (Riddle) que la vitellogenèse de l'oocyte de Poule est un phénomène très rapide qui succède brusquement à une très lente croissance protoplasmique; la même observation peut être faite pour l'oocyte de *Margaropus.* Dans l'un et l'autre cas, c'est donc le nombre des oocytes effectuant leur vitellogenèse qui diminue en fonction du temps, et non pas le nombre des oocytes formés. On peut alors supposer que la décroissance progressive du nombre des œufs pondus est liée à la probabilité de transformation des oocytes présents dans l'ovaire en nombre limité.

Il est possible de compter, dans l'ovaire de *Margaropus*, le nombre moyen des oocytes existant avant la ponte, soit N_0. La ponte succédant rapidement à la vitellogenèse, si l'on désigne par N_t le nombre des oocytes

---

([1]) Lienhart (1923) a obtenu chez différentes races un résultat analogue.

transformés au temps t on peut remplacer l'équation (1) par l'équation

$$(2) \qquad N_t = N_0 e^{-kt},$$

qui s'applique exactement à la courbe obtenue, et qui montre que le nombre des oocytes transformés dans l'unité de temps est une fraction constante du nombre des oocytes non encore transformés. Connaissant les deux premiers chiffres de la courbe de ponte, soit N_1 et N_2, on peut donc calculer N_0 en posant

$$(3) \qquad \frac{N_1}{N_0} = \frac{N_2}{N_0 - N_1} \qquad \text{d'où} \qquad N_0 = \frac{N_1^2}{N_1 - N_2}.$$

Reprenant les données de Brody nous avons calculé la valeur de N_0 et nous avons constaté que l'équation (2) s'applique exactement à sa courbe.

Effectuant ensuite des numérations sur toute la série des coupes d'ovaires de Poulettes de six semaines (Leghorn et Rhode Island), nous avons trouvé : 1° un grand nombre d'oocytes dont la taille *semble fixée* autour d'une valeur moyenne faible; 2° un nombre plus restreint *d'oocytes privilégiés* qui ont dépassé nettement cette taille moyenne, et commencent la croissance protoplasmique lente. *Le nombre de ceux-ci est précisément du même ordre de grandeur que le nombre* N_0 *calculé;* mais il varie dans une certaine mesure suivant l'individu examiné et suivant la race.

La forme de la courbe décroissante de la ponte dépendrait donc de deux facteurs : le nombre initial des oocytes transformables N_0 et la constante K qui indique que, à tout moment, la probabilité de transformation reste la même. On peut encore définir la « vie moyenne » θ de l'oocyte soit $\frac{1}{K}$, ou encore la « période » P de transformation, c'est-à-dire le temps nécessaire pour la transformation de $\frac{N_0}{2}$ oocytes.

La courbe de Brody, Henderson et Kempster donne pour N_0, 1386 oocytes et pour P, 5 ans et 9 mois; une bonne pondeuse Leghorn, par exemple, donnerait, pour une valeur presque identique de N_0, soit 1311, une valeur moitié moindre de P, soit 3 ans, la rapidité de la transformation des oocytes étant plus grande et le nombre des œufs pondus dans les premières années étant plus élevé de ce fait.

Si notre interprétation répondait à la réalité, il serait inutile de faire intervenir un facteur de senescence pour expliquer la réduction progressive du taux de ponte, puisque N_0 d'une part, et les constantes K, θ ou P d'autre part sont des valeurs indépendantes de l'âge et représenteraient des caractères individuels sur lesquels on peut agir par la sélection.

MICROBIOLOGIE. — *Stimulation des activités bactériennes dans le lait.* Note de M. Constantino Gorini, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente [1], j'ai démontré que les streptocoques pyogènes, y compris le pneumocoque, caillent le lait par acidité et par présure, contrairement à l'opinion dominante qui voudrait les différencier du *Streptococcus lacticus* par leur incapacité de cailler la caséine. J'ai reconnu cependant que quelques souches coagulent le lait d'une façon irrégulière à cause surtout des modifications que la stérilisation fait subir au lait, malgré toutes les précautions que j'ai indiquées pour diminuer autant que possible ces irrégularités. J'ai observé ensuite que l'inconstance de la coagulation peut être supprimée si l'on ensemence le lait avec une forte quantité de culture en bouillon (5 à 10^{cm^3}). L'influence favorable de cet ensemencement massif ne doit être attribuée ni à la charge microbienne ni à la présure, éventuellement contenue dans la culture; mes anciennes recherches, en 1892, ayant prouvé que cette présure peut être produite dans des milieux dépourvus de caséine. L'influence favorable est due aux éléments nutritifs du bouillon, car on obtient le même résultat en ajoutant au lait stérilisé du bouillon stérile, ou de la peptone, ou de l'extrait Liebig qui, à eux seuls, sont incapables de coaguler la caséine.

J'ai essayé aussi, avec beaucoup de succès, d'autres substances nutritives, telles que l'eau de levure et même le sang [2], ajoutées au lait.

Quelles sont les matières du lait détruites ou altérées par la température et auxquelles suppléent les substances dont je viens de parler? S'agit-il de matières azotées favorables à la nutrition ou bien de vitamines, ou bien de substances tampons, ou encore d'une coenzyme de nature minérale? La réponse n'est pas facile, elle le serait davantage si l'on pouvait employer du lait non pas stérilisé, mais obtenu privé de microbes par une traite aseptique; malheureusement on ne peut y arriver puisque j'ai montré la présence normale des « coccus » dans la mamelle.

Toutefois je crois intéressant de faire connaître les constatations suivantes :

1° Les adjonctions dont j'ai parlé semblent stimuler les propriétés coa-

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 946.

(2) L'emploi du sang a été récemment proposé par mon collaborateur, M. Collerio.

gulantes et caséolytiques des bactéries plutôt qu'exercer une action eugénétique; en effet je n'ai pas observé de différence sensible dans le développement ni dans le nombre des bactéries dans les cultures en lait seul et dans les cultures en lait additionnées desdites substances. Il est surprenant de constater la rapidité de la formation du caillé et la peptonisation presque subite qui suit l'adjonction d'eau de levure à des cultures en lait bien développées depuis quelques jours mais non encore caillées;

2° Ces adjonctions renforcent l'action atténuée de certaines souches de streptocoques pathogènes et de pneumocoque après leur isolement de l'organisme, elles réveillent aussi les activités affaiblies ou dormantes des vieilles cultures;

3° Ces adjonctions ne semblent pas capables de susciter des propriétés nouvelles chez les bactéries, en effet elles n'ont point permis d'obtenir la coagulation du lait par des bactéries du groupe *typhosus*, *paratyphosus* et *dysentericus*, ni chez les bactéries du groupe *melitensis-abortus*. J'ai obtenu au contraire la coagulation du lait avec le vibrion du choléra dont l'action sur le lait est discutée. Le vibrion, dans le lait-levure et le lait-sang, s'est révélé comme appartenant à la catégorie de mes ferments mixes ou acido-protéolytiques. Il serait utile d'employer ces stimulants pour étudier à nouveau l'action des microbes sur le lait comme je le proposai dans ma précédente Note.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur l'étiologie et l'épidémiologie de la Gattine du Ver à soie ou maladie des têtes claires.* Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

La Gattine, ou *Macilenza* des Italiens, est caractérisée généralement par le gonflement de la partie antérieure du corps des Vers à soie qui devient plus ou moins translucide; les Vers malades ne mangent pas et fuient les claies d'élevage. On ne les rencontre souvent qu'à l'état sporadique dans les magnaneries; mais la maladie peut revêtir une forme beaucoup plus grave et décimer les éducations; dans ce cas, elle apparaît dès les premiers âges et la mortalité ne cesse de croître à chaque mue. Nous avons observé plusieurs cas d'épidémie grave en 1925 et 1926, principalement dans la Basse Ardèche où la maladie des têtes claires existe à l'état endémique, dans certaines localités de cette région, depuis de longues années.

Nos études, poursuivies depuis deux ans dans ces localités, nous ont

permis de déterminer la véritable cause de la maladie et d'en préciser les caractères histo- et cytopathologiques.

Le contenu intestinal des Vers en état de maladie renferme toujours, et le plus souvent à l'état pur, un microcoque colorable par la méthode de Gram dont les éléments mesurent environ $0^{\mu},9$ de diamètre. D'après les nombreux isolements de bactéries auquels nous avons procédé sur place, on peut affirmer qu'il s'agit d'une seule espèce dont les caractères se rapprochent de ceux de *Streptococcus bombycis* Flügge. Les Vers sains qui ingèrent une goutte de contenu intestinal de Ver en état de maladie contractent généralement celle-ci au bout de 5 à 6 jours. Les microbes de culture sont moins virulents mais peuvent néanmoins déclencher dans quelques cas les processus caractéristiques de l'affection. L'inoculation dans la cavité générale, de ces mêmes microbes, donne des résultats presque toujours positifs ; moins de 2 jours après l'inoculation, la diarrhée se manifeste; la partie antérieure du corps gonfle et devient plus ou moins translucide. Il est curieux de constater que ces symptômes se manifestent alors même que les microbes inoculés sont entièrement phagocytés par les micronucléocytes et qu'ils ne sont pas encore apparus dans le contenu intestinal. En ouvrant longitudinalement un Ver présentant ces symptômes généraux, on constate que le contenu intestinal est à peu près complètement clair; que la partie antérieure du tube digestif moyen est gonflée et se présente sous forme de poche allongée.

Étude histo- et cytopathologique. — Après fixation par les méthodes mitochondriales, postchromisation et coloration par la méthode de Kull, on observe que les noyaux des cellules épithéliales de la partie postérieure du tube intestinal moyen sont hypertrophiés et en voie d'altération profonde : les grains de chromatine augmentent de volume, se colorent intensément par les couleurs basiques, puis se fondent en masse d'aspect laqué, sans structure apparente et de moins en moins sidérophile. Le cytoplasme se vacuolise, les chondriocontes se fragmentent et ont tendance à se grouper autour du noyau; les inclusions de graisse, qui existent normalement dans les cellules de la partie postérieure du tube intestinal moyen, deviennent plus nombreuses et généralement plus grosses.

Les lésions que nous venons de caractériser très brièvement ont été observées chez tous les Vers d'origines les plus diverses, présentant les symptômes de la maladie des têtes claires; elles ont été observées également chez les Vers inoculés avec le *Streptococcus bombycis*. Chez les Vers en état de flacherie, les lésions sont très différentes. Nous pouvons conclure de

ces faits que la gattine, ou maladie des têtes claires, constitue une entité morbide bien définie, différente de la flacherie ordinaire; ce n'est donc pas, comme l'admettent certains auteurs, la forme chronique de cette dernière affection. L'altération des cellules épithéliales est limitée à une zone bien définie dont la longueur est environ le tiers de la longueur totale de l'intestin moyen; cette zone correspond à une différenciation histologique et fonctionnelle non signalée jusqu'ici chez le Ver à soie; cette différenciation a été mise en évidence par Biedermann, vers 1898, chez les larves de *Tenebrio molitor*. L'étude du pH, chez le Ver à soie normal, montre que celui de la zone antérieure est toujours inférieur de 0,2 à 0,3 à celui de la zone postérieure. Chez le Ver atteint de gattine, le pH moyen devient nettement plus élevé que chez le Ver normal et l'on ne constate pas de différence sensible entre le pH des zones antérieure et postérieure. Il semblerait donc que les cellules épithéliales antérieures cessent de fonctionner. On observe en effet, après fixation et coloration par les méthodes mitrochondriales, que le chondriome des cellules épithéliales antérieures se transforme en grains de grosseur variable qui se dispersent dans toute la masse du cytoplasme. On observe aussi que la paroi de la zone postérieure est en voie de destruction plus ou moins active : un certain nombre de cellules épithéliales se détachent de cette paroi et tombent dans la lumière du tube. Ces cellules isolées ou groupées correspondent aux vésicules de structure singulière observées par Verson chez les Vers atteints de *macilenza*. Bien qu'on observe assez souvent, en période de digestion normale, une destruction plus ou moins active de cellules épithéliales, il ne semble pas qu'on puisse établir un rapprochement entre les deux états physiologiques différents; mais on peut admettre que la substance résultant de la fonte des cellules soit la cause de l'alcalinisation du contenu intestinal.

De l'étude que nous avons faite, il résulte que la gattine est une maladie infectieuse causée par *Streptococcus bombycis*. Le caractère contagieux de la maladie explique la fréquence et la gravité des épidémies dans certaines régions de grand élevage; mais il convient de faire remarquer que l'épidémie est favorisée dans ces régions par l'inobservance de certaines règles élémentaires d'hygiène, en particulier par le défaut de soins de propreté, le manque d'air et de lumière, le défaut d'espacement des Vers. Une modification radicale des méthodes d'élevage, surtout pendant les premiers âges, peut atténuer beaucoup les ravages de la maladie; le nettoyage minutieux du matériel d'éducation et de la magnanerie, l'emploi de désinfectants énergiques comme l'acide sulfurique, le formol, le crésyl, le chlorure de chaux, etc. est à conseiller pour prévenir la maladie.

MÉDECINE. — *Action de la d'Arsonvalisation diathermique sur la synovie.* Note [1] de M. **H. Bordier**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Pour expliquer les bons effets de la d'Arsonvalisation diathermique dans l'hydarthrose et pour donner une base scientifique à ce traitement, j'ai étudié l'action des oscillations électriques de haute fréquence sur le liquide synovial retiré de grandes articulations sur le bœuf aussitôt après la mort de l'animal. J'ai pu obtenir à plusieurs reprises une quantité suffisante de ce liquide pour mener à bien mes expériences : la synovie ainsi recueillie est teintée légèrement en rose par suite de la ponction nécessaire à son évacuation.

Mes expériences ont porté sur cette synovie qui était placée dans un large tube de verre fermé à une extrémité par un bouchon de caoutchouc servant en même temps à maintenir serrées contre les parois du tube deux bandes d'étain suivant des génératrices du cylindre de verre diamétralement opposées. Chaque bande portait à l'autre extrémité une borne pour fixer le fil souple de l'appareil de diathermie.

J'avais mesuré à différentes reprises sur des malades atteints d'hydarthrose la température á laquelle est portée la peau au niveau du bord des électrodes pendant le traitement : des thermomètres spéciaux ont indiqué une température cutanée de 42°. Mais, dans la profondeur, la température est, comme je l'ai démontré expérimentalement [2], plus élevée, en sorte qu'on peut admettre, comme ordre de grandeur de la température du liquide épanché, le chiffre de 45°. C'est cette température-là qui a été atteinte, sans la dépasser, dans mes expériences *in vitro* : l'intensité du courant de diathermie a pu ainsi monter jusqu'à 300 milliampères; en réglant cette intensité, il est facile de maintenir la température du liquide à la valeur voulue. La synovie a été soumise à l'action des oscillations électriques de haute fréquence pendant 5 minutes seulement à chaque expérience.

L'examen du liquide diathermisé par rapport à la synovie témoin a donné les résultats suivants :

1. La synovie témoin a l'aspect d'un liquide fluide, rougeâtre, presque transparent, tandis que la synovie diathermisée est moins fluide, jaunâtre et trouble.

---

[1] Séance du 12 juillet 1926.

[2] *Diathermie et Diathermothérapie*, 3e édition, p. 130.

2. La viscosité est plus grande pour cette dernière : 73 gouttes correspondent à $3^{cm^3},75$, tandis que pour le même volume il faut 103 gouttes de la synovie témoin, soit 30 gouttes de plus.

3. L'examen spectroscopique montre dans la synovie témoin le spectre d'absorption de l'hémoglobine; ce spectre n'existe pas dans la synovie diathermisée.

4. A l'examen microscopique simple, on constate dans la synovie témoin des éléments histologiques espacés dans le champ du microscope et constitués par des débris épithéliaux, hématies, polynucléaires et mononucléaires. Dans le liquide soumis à la diathermie ces mêmes éléments existent, mais moins nombreux, ils sont massés les uns sur les autres et paraissent coagulés.

5. A l'ultra-microscope, la synovie témoin montre de nombreux grains colloïdaux, animés de mouvement brownien, il y a peu de gros grains. Dans la synovie diathermisée, au contraire, les petits grains colloïdaux sont très rares, mais les amas granuleux sont en nombre considérable.

6. L'examen bactériologique enfin révèle dans la synovie témoin la présence de micro-organismes, et en particulier, de quelques streptocoques; dans la synovie diathermisée, des micro-organismes existent aussi, mais les streptocoques paraissent absents.

Ainsi, le passage des oscillations électriques de haute fréquence pendant 5 minutes a été suffisant, quoique la température n'ait pas dépassé 45°, pour amener une floculation partielle des particules albuminoïdes du liquide synovial.

C'est par un phénomène analogue que doit très probablement se traduire chez un malade atteint d'hydarthrose l'action de la d'Arsonvalisation diathermique : les brillants résultats de ce traitement demandent pour se produire une technique correcte qui a été exposée dans mon livre *Diathermie et Diathermothérapie*, 3e édition, p. 562.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1926.

'slands Plantentuin botanic gardens. The Zoocecidia of the Netherlands exet Indies, by J. DOCTERS VAN LEEUWEN-REIJNVAAN and W. M. DOCTERS VAN LEEUWEN. Batavia, Drukkerij de Unie, 1926; 1 vol. 28cm,5.

L'histoire de la nature vivante d'après l'œuvre des grands naturalistes français. III : *Cuvier et la science de la nature*, par LOUIS ROULE. Paris, Ernest Flammarion, 1926; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Louis Mangin.)

The Nervous Mechanism of Plants, par Sir JAGADIS CHUNDER BOSE. London, Longmans, Green and Co Ltd, 1926; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Louis Mangin.)

Cours d'astronomie et de géodésie de l'École polytechnique, par H. FAYE, revu et mis à jour par le général R. BOURGEOIS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 25cm,5.

Œuvres de Pasteur. Tome IV : *Études sur la maladie des vers à soie*. Paris, Masson et Cie, 1926; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. Roux.)

Le salaire moderne. Sa formule générale. Son équation de dimension. Quelques résultats industriels, causerie faite par F. BAYLE au dîner de janvier 1926 du groupe de Paris de la Société amicale des ingénieurs de l'École supérieure d'électricité, in *Bulletin de la Société amicale des ingénieurs de l'École supérieure d'électricité*, no 82, février 1926; 1 fasc. 24cm,5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Portraits de savants. Alphonse Laveran (1845-1922) (*Genèse et conséquences d'une découverte*), par EUGÈNE RICHARD, in *La Science moderne*, numéro de mai 1926, page 273. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1926; 1 fasc. 27cm,5.

Chaire de médecine exotique de la Faculté de Constantinople. Études et notes (1924-1925), par G. DELAMARE. Constantinople, Fratelli Haim, 1926; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. H. Vincent.)

Madagascar et dépendances d'après les travaux géographiques les plus récents, par GUILLAUME GRANDIDIER, avec la collaboration de J. HANSEN. Paris, carte en 3 planches 107 × 67, gravées par A. Hausermann, imprimées chez Dufrénoy.

Cartes économiques de l'Afrique équatoriale française, dressées par ALEXANDRE MEUNIER. — No 1 : *Cultures alimentaires, fourragères*, etc.; no 2 : *Cultures industrielles, oléagineux* ; no 3 : *Forêts;* no 4 : *Élevage, faune*. Paris, Ministère des colonies, 4 planches 80 × 60, 1926.

(*A suivre*).